

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE TESIS**

“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEÍS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA”

**PRESENTADA POR:**

**Bach. HENRI OCAÑA TORREJÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Piura, Perú.**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



### **PROYECTO DE TESIS**

“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEÍS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA”

**PRESENTADA POR:**

**Bach. HENRI OCAÑA TORREJÓN**

**ASESORADA POR:**

**Ing° ANTONIO TIMANA FIESTAS. M. Sc.**

**Piura, 2018.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE TESIS**

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEÍS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA”**

**LOS SUSCRITOS DECLARAMOS QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES ORIGINAL, EN SU CONTENIDO Y FORMA.**

---

BACH. HENRI OCAÑA TORREJÓN.  
Ejecutor

---

ING. ANTONIO TIMANÁ FIESTAS M. Sc.  
Asesor

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROYECTO DE TESIS**

“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEÍS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA”

**TESIS APROBADA EN CONTENIDO Y FORMA POR:**

  
DR. EDWIN OMAR VENCES  
MARTINEZ.  
Presidente

  
ING. MARIA JOSEFA GUTIERREZ  
ADRIANZEN M.Sc.  
Secretaria

  
ING. CARLOS JAVIER SILVA  
CASTILLO.  
Vocal





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**DECANATO**

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por el ex alumno de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura.

**BACH. OCAÑA TORREJON HENRI**

### **TESIS TITULADA**

**"PROPUESTA TECNICA PARA EL DISEÑO GEOMETRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RIGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEIS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGION PIURA"**

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, lo declaran

APROBADO con el calificativo de REGULAR

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado:

APTO

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 28 de febrero de 2018.

  
**DR. EDWIN OMAR VENCES MARTINEZ**  
**PRESIDENTE**

  
**ING. MARIA J. GUTIERREZ ADRIANZEN M.Sc**  
**SECRETARIA**

  
**ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Por darme un sitio en este mundo y poder disfrutar de esta vida maravillosa.

### **A mis padres:**

Asunta Mercedes y Segundo Teodoro, por enseñarme lo que realmente significa el amor, y acompañarme día a día fortaleciendo mi espíritu de salir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A mi querida FIC - UNP:**

A cada uno de los trabajadores de mi querida facultad, por ser partícipes de mi formación profesional, a mis profesores por enseñarme el camino y a mis compañeros por acompañarme en un sin fin de aventuras.

## RESUMEN

Se realizó el estudio de dos puntos pertenecientes a la rama de la infraestructura vial urbana, como lo son: el diseño geométrico de vías urbanas y el diseño estructural de pavimentos urbanos.

La Avenida Las Amapolas, área de estudio, clasifica como una vía urbana, se extiende desde la Av. Uno a la altura de la Urb. Santa Margarita hasta el límite final que colinda entre A.H. Mónica Zapata y A.H. San Isidro en 1.96 km aproximadamente; y pertenece a los distritos de Piura y Veintiséis de Octubre.

Para desarrollar este trabajo de investigación será necesario llevar a cabo un conjunto de estudios básicos, como lo son: el estudio topográfico, el estudio de mecánica de suelos (estudio geotécnico) y el estudio de tráfico. Los cuales son el sustento de cualquier obra vial.

El diseño estructural de pavimentos urbanos es abordado por la norma “CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS”, parte del Reglamento Nacional de Edificaciones y como referencia adicional “La Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos”.

En cuanto al diseño geométrico de vías urbanas, este no presenta una difusión adecuada. Tal es así que en nuestro medio aun no existen normas enfocadas individualmente en este asunto; pero para justificar la alternativa seleccionada se empleó el “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (2005) – VCHI”.

Por último, se presenta la propuesta técnica para el diseño vial definitivo, el cual comprenderá principalmente el diseño geométrico: dimensionamiento de veredas y estacionamientos, ancho y número de carriles, proyección de áreas de jardín y ciclovías.

Y diseño estructural de los pavimentos flexible, semiflexible y rígido; además de los pavimentos especiales (ciclovía, veredas y estacionamientos).



## ABSTRACT

The study of two points belonging to the branch of the urban road infrastructure was carried out, such as: the geometric design of urban roads and the structural design of urban pavements.

The Amapolas Avenue, study area, classified as an urban road, extends from Av. Uno to the height of Urb. Santa Margarita to the final boundary that borders between A.H. Mónica Zapata and A.H. San Isidro in approximately 1.96 km; and it belongs to the districts of Piura and Veintiséis de Octubre.

To develop this research work it will be necessary to carry out a set of basic studies, such as: the topographic study, the study of soil mechanics (geotechnical study) and the study of traffic. Which are the sustenance of any road work.

The structural design of urban pavements is addressed by the “CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS”, part of the Reglamento Nacional de Edificaciones and as an additional reference "AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures ".

As for the geometric design of urban roads, this does not present an adequate diffusion. So much so that in our environment there are still no rules focused on this issue individually; but to justify the selected alternative, the “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (2005) – VCHI”.

Finally, the technical proposal for the definitive road design is presented, which will mainly include the geometric design: sizing of sidewalks and parking lots, width and number of lanes, projection of garden areas and bike lanes.

And structural design of flexible, semi-flexible and rigid pavements; in addition to the special pavements (bike path, sidewalks and parking).

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xvi</b>

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
---------------------	----------

<b>CAP 1: ASPECTOS GENERALES</b>	<b>3</b>
----------------------------------	----------

<b>1.1</b>	<b>Título</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema de Investigación</b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>4</b>
1.3.1	Objetivo General	4
1.3.2	Objetivos Específicos	4
<b>1.4</b>	<b>Justificación del Proyecto</b>	<b>5</b>
<b>1.5</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>6</b>
<b>1.6</b>	<b>Metodología de Investigación</b>	<b>6</b>
1.6.1	Tipo de Investigación	6
1.6.2	Ubicación del Área de Investigación	6
1.6.3	Recopilación de Información	8

<b>CAP 2: ESTUDIOS BÁSICOS</b>	<b>11</b>
--------------------------------	-----------

<b>2.1</b>	<b>Estudio Topográfico</b>	<b>11</b>
2.1.1	Equipo de Ingeniería Empleado en el Estudio Topográfico	13
2.1.2	Geo - Referenciación	14
2.1.3	Poligonal de Apoyo	16
2.1.4	Levantamiento Topográfico	17
2.1.5	Procesamiento de la Información de Campo	19
<b>2.2</b>	<b>Estudio de Mecánica de Suelos (Estudio Geotécnico)</b>	<b>20</b>
2.2.1	Generalidades	20
2.2.2	Geología y Geotecnia	20
2.2.3	Actividades Realizadas	21
2.2.4	Fase de Campo	21
2.2.5	Ensayos de Laboratorio	23
2.2.6	Fase de Gabinete	27
<b>2.3</b>	<b>Estudio de Tráfico</b>	<b>32</b>
2.3.1	Generalidades	32
2.3.2	Alcances del Estudio	32
2.3.3	Descripción del Trabajo en Campo	33
2.3.4	Procesamiento de la Información Obtenida en Campo	36
2.3.5	Resultado del Cuento Vehicular	38
2.3.6	Determinación de los Índices Medios Diarios (IMDs) en la Av. Amapolas	52
2.3.7	Estimación del IMD 24 horas	60

<b>CAP 3: DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS</b>	<b>62</b>
---	-----------

<b>3.1</b>	<b>Clasificación del Sistema Vial Urbano</b>	<b>62</b>
3.1.1	Vías Expresas	65

3.1.2	Vías Arteriales	66
3.1.3	Vías Colectoras	68
3.1.4	Vías Locales	69
<b>3.2</b>	<b>Volúmenes de Tránsito</b>	<b>71</b>
<b>3.3</b>	<b>Capacidad Vial y Niveles de Servicio</b>	<b>72</b>
3.3.1	Capacidad Vial	72
3.3.2	Niveles de Servicio	73
<b>3.4</b>	<b>Vehículo de Diseño</b>	<b>77</b>
<b>3.5</b>	<b>Velocidad de Diseño</b>	<b>78</b>
<b>3.6</b>	<b>Características Geométricas en Secciones Transversales</b>	<b>78</b>
3.6.1	Número de Carriles / Ancho de Calzadas	79
3.6.2	Ancho de Carriles	79
3.6.3	Bombeo y Peralte (Pendiente Transversal)	80
3.6.4	Separadores o Bermas Centrales	80
3.6.5	Sardineles	81
3.6.6	Secciones Transversales Típicas	81
<b>3.7</b>	<b>Intersecciones</b>	<b>88</b>
3.7.1	Tipos de Intersecciones	88
<b>3.8</b>	<b>Facilidades para el Transporte Público por Buses</b>	<b>91</b>
3.8.1	Ubicación de Paraderos	91
3.8.2	Dimensiones Requeridas para la Ubicación de Paraderos	93
<b>3.9</b>	<b>Facilidad para Peatones</b>	<b>95</b>
3.9.1	Características Funcionales del Peatón y Flujo Peatonal	95
3.9.2	Clasificación de Vías Peatonales	97
3.9.3	Consideraciones de Diseño para Vías Peatonales	97
3.9.4	Cruces de Calzada	99
3.9.5	Facilidades para Discapacitados	104
<b>3.10</b>	<b>Facilidad para el Transporte en Bicicleta</b>	<b>107</b>
3.10.1	Consideraciones para el Diseño	109
3.10.2	Cruces en Ciclovías	110

---

## **CAP 4: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS** **118**

<b>4.1</b>	<b>Descripción y Funciones de los Pavimentos</b>	<b>118</b>
4.1.1	El Pavimento	118
4.1.2	Características que debe reunir un Pavimento	118
4.1.3	Clasificación de los Pavimentos	119
<b>4.2</b>	<b>Variables para el Diseño</b>	<b>124</b>
4.2.1	Período de Diseño	124
4.2.2	Análisis del Tráfico	125
4.2.3	Número Total de Ejes Simples Equivalentes (ESAL's)	129
4.2.4	Nivel de Confianza y Desviación Estándar	130
4.2.5	Coeficiente de Drenaje $C_d$	131
<b>4.3</b>	<b>Criterios de Comportamiento</b>	<b>132</b>
4.3.1	Serviciabilidad	132
<b>4.4</b>	<b>Diseño de Pavimentos Flexibles y Semiflexibles (Método AASTHO – 93)</b>	<b>136</b>
4.4.1	Propiedades de los Materiales	136
4.4.2	Ecuación Básica para el Diseño de Pavimentos Flexibles y Semiflexibles (Articulados)	138
<b>4.5</b>	<b>Diseño de Pavimentos Rígidos (Método AASTHO – 93)</b>	<b>145</b>
4.5.1	Propiedades de los Materiales	145
4.5.2	Ecuación Básica para el Diseño de Pavimentos Rígidos	148
4.5.3	Juntas	148
4.5.4	Sellos	152
4.5.5	Transferencia de Carga	154

<b>CAP 5: PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO VIAL DE LA AV. AMAPOLAS</b>	<b>10</b>
<b>5.1 Propuesta Técnica para el Diseño Geométrico de la Av. Las Amapolas</b>	<b>156</b>
5.1.1 Clasificación de la Av. Las Amapolas	156
5.1.2 Velocidad de Diseño	156
5.1.3 Características Geométricas Transversales	157
5.1.4 Características Geométricas en Perfiles Longitudinales	161
5.1.5 Intersecciones	163
5.1.6 Óvalos	164
<b>5.2 Propuesta Técnica para el Diseño Estructural del Pavimento de la Av. Las Amapolas</b>	<b>165</b>
5.2.1 Determinación de las Variables de Diseño	165
5.2.2 Determinación de los Criterios de Comportamiento	168
5.2.3 Diseño Estructural del Pavimento de la Calzada (Método AASHTO – 93)	169
5.2.4 Propuesta Técnica Vial Final para el Diseño Estructural del Pavimento de la Av. Las Amapolas	173
5.2.5 Consideraciones Especiales	177
<b>CAP 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>180</b>
<b>6.1 Conclusiones</b>	<b>180</b>
<b>6.2 Recomendaciones</b>	<b>185</b>
<b>CAP 7: ANEXOS</b>	<b>186</b>
<b>7.1 Lista de Planos</b>	<b>186</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>192</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Ubicación de Coordenadas UTM.	12
Cuadro 2.2	GPS Diferencial.	13
Cuadro 2.3	Estación Total.	13
Cuadro 2.4	Nivel de Ingeniero.	13
Cuadro 2.5	Puntos Geo Referenciados.	15
Cuadro 2.6	Puntos de la Poligonal de Apoyo.	16
Cuadro 2.7	Número Mínimo de Puntos de Investigación. Extraído de la Norma CE. Pavimentos Urbanos.	22
Cuadro 2.8	Ubicación de los de Puntos de Investigación.	23
Cuadro 2.9	Ensayos Realizados en el Laboratorio.	24
Cuadro 2.10	Resultados de los Ensayos Realizados en el Laboratorio.	28
Cuadro 2.11	Relación Densidad, Humedad (ASTM D1557) Proctor y CBR.	29
Cuadro 2.12	Ubicación de las Estaciones de Conteo.	33
Cuadro 2.13	Factores de conversión para Unidades Equivalentes. Guía metodológica para PIP de viabilidad urbana.	39
Cuadro 2.14	Resultados del conteo vehicular Estación E-01.	41
Cuadro 2.15	Horas punta por día de la Estación E-01.	42
Cuadro 2.16	Resultados del conteo vehicular Estación E-02.	45
Cuadro 2.17	Horas punta por día de la Estación E-02.	46
Cuadro 2.18	Resultados del conteo vehicular Estación E-03.	49
Cuadro 2.19	Horas punta por día de la Estación E-03.	50
Cuadro 2.20	IMD días laborables en la Estación E-01.	52
Cuadro 2.21	IMD días laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-01.	53
Cuadro 2.22	IMD días no laborables en la Estación E-01.	53

Cuadro 2.23	IMD días no laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-01.	53
Cuadro 2.24	IMD Total Av. Amapolas en la Estación E-01.	54
Cuadro 2.25	IMD días laborables en la Estación E-02.	55
Cuadro 2.26	IMD días laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-02.	55
Cuadro 2.27	IMD días no laborables en la Estación E-02.	56
Cuadro 2.28	IMD días no laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-02.	56
Cuadro 2.29	IMD Total Av. Amapolas en la Estación E-02.	56
Cuadro 2.30	IMD días laborables en la Estación E-03.	57
Cuadro 2.31	IMD días laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-03.	58
Cuadro 2.32	IMD días no laborables en la Estación E-03.	58
Cuadro 2.33	IMD días no laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-03.	58
Cuadro 2.34	IMD Total Av. Amapolas en la Estación E-03.	59
Cuadro 2.35	Estimación IMD (24h) Av. Amapolas - Av. Santisteban.	60
Cuadro 2.36	Estimación IMD (24h) Av. Amapolas - Av. Algarrobos.	60
Cuadro 2.37	Estimación IMD (24h) Av. Amapolas - Av. Principal.	61
Cuadro 3.1	Parámetros de Diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.	70
Cuadro 3.2	Clasificación Vehicular.	77
Cuadro 3.3	Ancho de Carriles.	79
Cuadro 3.4	Bombeo de la Calzada.	80
Cuadro 3.5	Velocidades Medias Normales de Peatones de Distintos Grupos en Terreno Llano y para Densidades Bajas.	95
Cuadro 3.6	Densidad Peatonal.	96
Cuadro 3.7	Recomendaciones de Ancho de Vías Peatonales.	98
Cuadro 4.1	Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera.	124
Cuadro 4.2	Factor de Distribución por Carril.	127

Cuadro 4.3	Valores del Nivel de Confianza R de acuerdo al tipo de camino.	130
Cuadro 4.4	Factor de Desviación Normal.	130
Cuadro 4.5	Capacidad del Drenaje.	131
Cuadro 4.6	Valores $m_i$ para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Subbase sin tratamiento, en pavimentos flexibles.	132
Cuadro 4.7	Índice de Serviciabilidad.	133
Cuadro 4.8	Índice de Serviciabilidad Final.	134
Cuadro 4.9	Relación CBR – Módulo de Resiliencia.	137
Cuadro 4.10	Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes.	139
Cuadro 4.11	Coeficiente de Transferencia de Carga J.	155
Cuadro 5.1	Selección de Ancho de Carriles.	158
Cuadro 5.2	Selección del Bombeo de la Calzada.	160
Cuadro 5.3	Pendientes Longitudinales Lado Derecho de la Calzada.	162
Cuadro 5.4	Pendientes Longitudinales Lado Izquierdo de la Calzada.	162
Cuadro 5.5	Selección de los Periodos de Diseño.	165
Cuadro 5.6	Selección del Factor de Distribución por Carril.	165
Cuadro 5.7	Selección de los Valores del Nivel de Confianza R.	167
Cuadro 5.8	Selección del Factor de Desviación Normal.	167
Cuadro 5.9	Selección de los Valores $m_i$ .	167
Cuadro 5.10	Selección del Índice de Serviciabilidad Final.	168
Cuadro 5.11	Requisitos Mínimos para los diferentes Tipos de Pavimentos.	178
Cuadro 5.12	Requisitos Mínimos para los Pavimentos Especiales.	179

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1	Composición del conteo vehicular semanal en la E-01.	40
Gráfico 2.2	Variación Horaria del Flujo Vehicular Estación E-01.	42
Gráfico 2.3	Composición del conteo vehicular semanal en la E-02.	44
Gráfico 2.4	Variación Horaria del Flujo Vehicular Estación E-02.	46
Gráfico 2.5	Composición del conteo vehicular semanal en la E-03.	48
Gráfico 2.6	Variación Horaria del Flujo Vehicular Estación E-03.	50
Gráfico 2.7	Composición Vehicular del IMD Av. Amapolas en la Estación E-01.	54
Gráfico 2.8	Composición Vehicular del IMD Av. Amapolas en la Estación E-02.	57
Gráfico 2.9	Composición Vehicular del IMD Av. Amapolas en la Estación E-03.	59
Grafico 3.1	Grados de Movilidad y Acceso de un Sistema Vial.	64
Gráfico 3.2	Niveles de Servicio.	76



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Macro Localización del Área de Estudio.	7
Figura 1.2	Micro Localización del Área de Estudio.	8
Figura 2.1	Área del levantamiento topográfico.	12
Figura 2.2	Ubicación del Punto de Control AMA-01.	15
Figura 2.3	Ubicación del Punto de Control AMA-02.	15
Figura 2.4	Ubicación de los Puntos de la Poligonal de Apoyo.	17
Figura 2.5	Vértice de la Poligonal de Apoyo Monumentados.	17
Figura 2.6	Operador de la estación total realizando el levantamiento topográfico.	18
Figura 2.7	Plano Topográfico.	19
Figura 2.8	Vista de la Intersección la Av. Las Amapolas con la Prolongación de la Av. Sullana.	20
Figura 2.9	Vista de la Calicata 3.	22
Figura 2.10	Vista del operario realizando una calicata muestreando con el barreno.	22
Figura 2.11	Ubicación de las Estaciones de Conteo.	34
Figura 2.12	Formato de conteo vehicular para la Estación E-01 (Giro A).	35
Figura 2.13	Vista del observador estático realizando el conteo de vehículos en la Estación E-02.	36
Figura 2.14	Flujograma del Horario de Máxima Demanda Vehicular Estación E-01.	43
Figura 2.15	Flujograma del Horario de Máxima Demanda Vehicular Estación E-02.	47
Figura 2.16	Flujograma del Horario de Máxima Demanda Vehicular Estación E-03.	51
Figura 3.1	Niveles de Servicio.	73
Figura 3.2	Vía Expresa en un solo sentido con Vía Local a un lado.	81
Figura 3.3	Vía Expresa en un solo sentido con Vías Locales a un lado.	82

<u>Figura 3.4</u>	<u>Vía Arterial con 2 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Residencial).</u>	<u>82</u>
<u>Figura 3.5</u>	<u>Vía Arterial con 3 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Residencial).</u>	<u>83</u>
<u>Figura 3.6</u>	<u>Vía Arterial con 2 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Industrial).</u>	<u>83</u>
<u>Figura 3.7</u>	<u>Vía Arterial con 3 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Industrial).</u>	<u>84</u>
<u>Figura 3.8</u>	<u>Vía Arterial con 3 carriles en cada sentido y Vía Local para uso industrial a un lado y vía local (Separa el uso industrial de otros usos) Para Residencial a otro lado.</u>	<u>84</u>
<u>Figura 3.9</u>	<u>Vía Colectora con dos carriles en cada sentido para Habitación Urbana.</u>	<u>85</u>
<u>Figura 3.10</u>	<u>Vía Colectora con dos carriles en un sentido para Habitaciones Urbanas de Uso de Vivienda.</u>	<u>85</u>
<u>Figura 3.11</u>	<u>Vía Colectora en Zona Residencial con tres carriles en cada sentido y Vía Local a cada lado.</u>	<u>86</u>
<u>Figura 3.12</u>	<u>Vía Colectora Industrial de dos carriles.</u>	<u>86</u>
<u>Figura 3.13</u>	<u>Vía Colectora Separadora con dos carriles y Vía Local hacia el Lado Residencial.</u>	<u>87</u>
<u>Figura 3.14</u>	<u>Forma Básica de Encuentro de 3 Ramas con Volteos de Poca Magnitud.</u>	<u>88</u>
<u>Figura 3.15</u>	<u>Forma Mejorada de Encuentro de 3 Ramas con Volteos de Poca Magnitud.</u>	<u>88</u>
<u>Figura 3.16</u>	<u>Forma Básica de Encuentro de 3 Ramas con Elevado Volumen Que Realizan Giros.</u>	<u>89</u>
<u>Figura 3.17</u>	<u>Forma Mejorada de Encuentro de 3 Ramas con Elevado Volumen Que Realizan Giros.</u>	<u>89</u>
<u>Figura 3.18</u>	<u>Intersección de 3 Ramas I.</u>	<u>89</u>

Figura 3.19	Intersección de 3 Ramas II.	90
Figura 3.20	Forma Básica de Intersección de 4 Ramas con Bajos Flujos Vehiculares.	90
Figura 3.21	Intersección de 4 Ramas.	90
Figura 3.22	Punto de Parada Antes de la Intersección.	91
Figura 3.23	Punto de Parada Antes de la Intersección.	91
Figura 3.24	Punto de Parada Después de la Intersección.	92
Figura 3.25	Punto de Parada a la Mitad de la Cuadra.	92
Figura 3.26	Paradero Ubicado Antes de la Intersección.	93
Figura 3.27	Paradero Ubicado Después de la Intersección.	93
Figura 3.28	Paradero en Bahía Antes de la Intersección.	94
Figura 3.29	Paradero en Bahía Después de la Intersección.	94
Figura 3.30	Paradero en Bahía a Mitad de Cuadra.	94
Figura 3.31	Densidad Peatonal.	96
Figura 3.32	Sección Transversal Convencional.	99
Figura 3.33	Cruce Peatonal con Refugio en Vía de un Solo Sentido.	100
Figura 3.34	Cruce Peatonal con Refugio en Vía de Doble Sentido.	100
Figura 3.35	Cruce Peatonal Directo con Barreras de Protección.	101
Figura 3.36	Intersección en “T” sin refugio.	102
Figura 3.37	Intersección en “Cruz” sin refugio.	102
Figura 3.38	Intersección en “T” con refugio.	102
Figura 3.39	Intersección en “H” con refugio.	103
Figura 3.40	Intersección con Barrera de Protección para el Peatón.	103
Figura 3.41	Intersección con Islas de Refugio para el Peatón.	104
Figura 3.42	Grado de Consideración al Limitado Físico en Silla de Ruedas.	105

Figura 3.43	Diseño de Rampa para Discapacitados y Otro Tipo de Vehículos en la Categoría de “Bicicletas o Similares”.	106
Figura 3.44	Detalle Típico de Rampa I.	107
Figura 3.45	Detalle Típico de Rampa II.	107
Figura 3.46	Criterios para el Diseño de Ciclovías.	110
Figura 3.47	Cruces Simples en Aceras de Ciclopistas Bidireccionales.	111
Figura 3.48	Cruces con Viraje en Acera de Ciclopistas Bidireccionales.	112
Figura 3.49	Ciclovías Unidireccionales.	113
Figura 3.50	Ciclobandas Unidireccionales con Virajes.	114
Figura 3.51	Ciclovías Unidireccionales con Virajes.	115
Figura 3.52	Cruces en Mediana de Ciclopistas Bidireccionales.	116
Figura 3.53	Rotonda con Prioridad para Ciclistas.	117
Figura 3.54	Rotonda sin Prioridad para Ciclistas.	117
Figura 4.1	Sección Transversal de un Pavimento Flexible.	119
Figura 4.2	Sección Transversal de un Pavimento Rígido.	121
Figura 4.3	Sección Transversal de un Pavimento Articulado.	123
Figura 4.4	Modelos de Crecimiento.	126
Figura 4.5	Tendencia en el comportamiento de los pavimentos.	135
Figura 4.6	Ábaco para la determinación del Daño Relativo.	136
Figura 4.7	Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”.	140
Figura 4.8	Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular “a2”.	141
Figura 4.9	Ábaco para estimar el número estructural de la capa sub base granular “a3”.	142
Figura 4.10	Ábaco para estimar el número estructural de la capa base estabilizada con cemento.	143



Figura 4.11	Ábaco para estimar el número estructural de la capa base estabilizada con asfalto.	144
Figura 4.12	Relación aproximada entre los valores k y otras propiedades del suelo.	147
Figura 4.13	Tipos de juntas de contracción.	149
Figura 4.14	Tipos de juntas de construcción.	150
Figura 4.15	Tipos de juntas de expansión.	150
Figura 4.16	Ejemplo de distribución de juntas en pavimentos de concreto hidráulico.	151
Figura 4.17	Tipos de selladores.	154
Figura 4.18	Transferencia de Carga.	155
Figura 5.1	Clasificación de la Av. Las Amapolas.	156
Figura 5.2	Vista del Número de Carriles / Ancho de Carriles.	157
Figura 5.3	Vista de Ancho de Carriles.	158
Figura 5.4	Sección Transversal de la Av. Amapolas según el Plan de Desarrollo Urbano de Piura.	159
Figura 5.5	Sección Transversal de la Av. Amapolas según el Diseño Realizado.	159
Figura 5.6	Bombeo de la Calzada.	160
Figura 5.7	Separadores o Bermas Centrales y Sardineles.	161
Figura 5.8	Perfiles Longitudinales Ambos Lados de la Calzada.	161
Figura 5.9	Intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Principal (Intersección de 4 Ramas).	163
Figura 5.10	Intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Las Ponceanas (Intersección de 3 Ramas).	163
Figura 5.11	Ovalo en la intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Los Algarrobos.	164
Figura 5.12	Ovalo en la intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Separadora.	164
Figura 5.13	Calculo de ESAL'S.	166

<u>Figura 5.14</u>	<u>Sección Transversal del Pavimento Flexible.</u>	<u>173</u>
<u>Figura 5.15</u>	<u>Sección Transversal del Pavimento Rígido.</u>	<u>174</u>
<u>Figura 5.16</u>	<u>Sección Transversal Pavimento Semiflexible.</u>	<u>175</u>
<u>Figura 5.17</u>	<u>Sección Transversal de la Ciclovía.</u>	<u>175</u>
<u>Figura 5.18</u>	<u>Sección Transversal de las Veredas.</u>	<u>176</u>
<u>Figura 5.19</u>	<u>Sección Transversal de los Estacionamientos.</u>	<u>177</u>

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación nos encargaremos del estudio de dos puntos pertenecientes a la rama de la infraestructura vial urbana, como lo son: el diseño geométrico de vías urbanas y el diseño estructural de pavimentos urbanos.

Conocemos que en las zonas alejadas al centro de la ciudad de Piura; aún existe carencia de vías debidamente pavimentadas, en tal sentido se busca desarrollar una propuesta técnica para lograr la satisfacción de esta necesidad. En particular intervendremos en el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento para La Avenida Las Amapolas, ubicada en los Distritos de Veintiséis de Octubre y Piura, Provincia de Piura, Región Piura.

Además, si tenemos en cuenta que en los últimos años siempre ha sido noticia del día que en la ciudad de Piura se presentan fallas estructurales en las vías pavimentadas, es necesario abordar este asunto para poder darle alguna solución o investigar en qué realmente estamos fallando.

De un cuestionamiento simple, podemos resumir que esto puede deberse a dos motivos, el primero está ligado al proceso constructivo de estas vías y el segundo a la deficiencia en el diseño estructural del pavimento. El proceso constructivo tiene parámetros de control de calidad que si se encaminan adecuadamente nos pueden asegurar el funcionamiento óptimo del proyecto. Entonces, eso nos lleva a pensar que los errores principalmente se encuentran en el diseño estructural del pavimento.

Para desarrollar este trabajo de investigación será necesario llevar a cabo un conjunto de estudios básicos, como lo son: el estudio topográfico, el estudio de mecánica de suelos (estudio geotécnico) y el estudio de tráfico. Los cuales son el sustento de cualquier obra vial.

El diseño estructural de pavimentos urbanos es abordado por la norma “CE. 010 PAVIMENTOS URBANOS”, parte del Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta norma será empleada en el presente trabajo, puesto que en ella se nos brindan las pautas necesarias para llevar a cabo un diseño adecuado.

En cuanto al diseño geométrico de vías urbanas, esta no presenta una difusión adecuada. Tal es así que en nuestro medio aun no existen normas enfocadas individualmente en este asunto; en el caso de la elaboración de estudios a nivel de fichas y expedientes técnicos de proyectos de este tipo, en los términos de referencia solo mencionan algunas normas que podrían

ayudar a obtener un diseño aceptable; pero ninguna puntualmente se dedica íntegramente al tema en mención.

Para evitar que vías futuras en proyección dentro de nuestra ciudad se desarrollen con deficiencia es que se plantea desarrollar este trabajo de investigación. Y por lo tanto aportar información y metodología en cuanto al diseño vial urbano.

Por último, se presentará la propuesta técnica para el diseño vial definitivo, el cual comprenderá principalmente el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido.

# CAPÍTULO 1

## APECTOS GENERALES

### 1.1. Título

“Propuesta técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido para la avenida Las Amapolas, en los distritos de Veintiséis de Octubre y Piura, provincia de Piura, región Piura”.

### 1.2. Problema de Investigación

La Avenida Las Amapolas clasifica como una vía urbana, se extiende desde la Av. Uno a la altura de la Urb. Santa Margarita hasta el límite final que colinda entre A.H. Mónica Zapata y A.H. San Isidro en 1.96 km aproximadamente; y pertenece a los distritos de Piura y Veintiséis de Octubre.

En la actualidad, esta avenida presenta tres tramos definidos. El primero, inicia desde la Avenida Uno hasta la Avenida Los Algarrobos, se encuentra parcialmente compuesto de una capa de asfalto de 3.0cm y una capa de afirmado de 0.27m resultado de un mantenimiento porque dicho material no cumple las especificaciones técnicas como capa de base granular teniendo un IP de 12.8 y su terreno de fundación es cohesivo en una parte y arenoso en otra.

El segundo tramo, inicia desde la Avenida Los Algarrobos hasta la Avenida Separadora, se encuentra compuesto de una capa de slurry de 0.50cm y una capa de afirmado de 0.195m resultado del mismo mantenimiento porque dicho material no cumple con las especificaciones técnicas como base granular teniendo un IP de 10.1 y su terreno de fundación es cohesivo tipo (CL) con un CBR de 7.2 al 100% de su densidad máxima.

Y el tercer y último tramo, inicia desde la Avenida Separadora hasta el límite final que colinda entre A.H. Mónica Zapata y A.H. San Isidro, se encuentra compuesto de terreno natural con un pequeño lastrado con bastante polvo, ahuellamiento, baches y relleno.

A simple vista presenta deterioro y, además, no cumple con la sección de vía que la Municipalidad Provincial de Piura proyecta en el “Plan de Desarrollo Urbano de los Distritos de Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032” para esta avenida.

De prevalecer este escenario en La Avenida Las Amapolas la población seguirá viviendo los problemas de carencia de transporte público e incrementa en los tiempos de desplazamientos por la inexistencia de una vía de comunicación en buen estado, accidentes de tránsito al no tener una vía debidamente señalizada, polución pues un tramo de la vía se encuentra en estado de terreno natural, acumulación de aguas de lluvia debido a las cuencas ciegas existentes, aumento en los costos de operación y mantenimiento vehicular, entre otros.

Posibles soluciones hay muchas; pero para erradicar la problemática de raíz fundamentalmente se propone el diseño vial urbano para esta avenida, el cual comprende el diseño del pavimento (fundamento de las dimensiones de los espesores de las capas del pavimento) y el diseño geométrico (fundamento de las dimensiones de las secciones de la vía y detalles acorde al plan de desarrollo urbano que propone la Municipalidad Provincial de Piura).

Ante este panorama se propone la interrogante:

*¿Es posible solucionar el problema de operatividad y funcionalidad de La Avenida Las Amapolas mediante una propuesta técnica de diseño vial urbano?*

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

- Desarrollar una propuesta técnica; mediante el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido; para el diseño vial urbano de la Av. Las Amapolas.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Desarrollar los estudios básicos (el estudio topográfico, el estudio geotécnico y el estudio de tráfico) para el diseño vial urbano de la Av. Las Amapolas.
- Realizar el cálculo del diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido para la Av. Las Amapolas.

- Evaluar y justificar la mejor alternativa para el diseño geométrico de la Av. Las Amapolas”.

#### **1.4. Justificación del Proyecto.**

En la ciudad de Piura, las zonas alejadas al centro; aun aquejan la carencia de vías debidamente pavimentadas, y mientras persista este panorama la población siempre es la más afectada, sufriendo la carencia de transporte público e incrementando en los tiempos de desplazamientos, accidentes de tránsito, contaminación, acumulación de aguas de lluvia en cuencas ciegas, aumento en los costos de operación y mantenimiento vehicular, entre otros. Adicionalmente, se está haciendo común dentro de nuestra ciudad hablar de fallas en los pavimentos existentes pudiendo ser éstas funcionales o estructurales.

Ante la problemática anteriormente mencionada se hace necesario proponer soluciones técnicas, haciendo uso de los conocimientos adquiridos dentro de la formación como ingeniero civil, y realizar la propuesta técnica para el diseño vial urbano para la vía en cuestión y de esta manera contribuir con el crecimiento ordenado de la ciudad de Piura.

Esta propuesta técnica para el diseño vial urbano mencionada comprende dos partes:

***Diseño de pavimentos urbanos.*** En este punto se sustentarán las dimensiones de los espesores de las capas del pavimento que se propone para el óptimo y funcional comportamiento estructural de esta avenida mediante los cálculos y estudios necesarios, tal y como se debe realizar el diseño de esta naturaleza.

***Diseño geométrico de vías urbanas.*** En este punto se abordará un tema que aún es un tanto desconocido para nuestra normativa, se fundamentará las dimensiones geométricas del diseño de la avenida. Además, se realizará la comparación entre las dimensiones obtenidas mediante el estudio y las dimensiones que la Municipalidad Provincial de Piura presenta en su Plan de Desarrollo Urbano.

Mediante este trabajo de investigación se pretende:

Demostrar lo importante que resulta la seriedad al momento que se realiza el diseño de un pavimento urbano.

Demostrar que, partiendo del desarrollo de un estudio de tráfico serio, podemos obtener, luego de procesar debidamente los datos, como producto final un diseño geométrico que se adecue a la necesidad de aforo de la vía.

Demostrar que, a partir de esta propuesta técnica, se brindará múltiples beneficios a la población circundante a la avenida Las Amapolas. Eliminando carencia de transporte público e incrementando en los tiempos de desplazamientos, accidentes de tránsito, contaminación, acumulación de aguas de lluvia en cuencas ciegas, aumento en los costos de operación y mantenimiento vehicular, entre otros.

Con este trabajo de investigación busco aportar información técnica en el aspecto del diseño vial urbano a los futuros tesis y profesionales que se desempeñan en esta rama. Además de sensibilizar a las autoridades locales tanto de las Municipalidades y Gobierno Regional para optar por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura como apoyo en el desarrollo de propuestas técnicas de obras viales que hacen mucha falta en nuestra ciudad, produciendo beneficios para ambas partes, ya que los alumnos podrán abordar estos como tema de elaboración de tesis.

## **1.5. Hipótesis**

A través de la propuesta técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento, se producirá un nivel de servicio adecuado en la Av. Las Amapolas, mejorando la operatividad y funcionalidad de esta vía para la población.

## **1.6. Metodología de Investigación**

### **1.6.1 Tipo de Investigación.**

Con el fin de realizar una investigación confiable que pueda redondear en conseguir los objetivos establecidos, es necesario adoptar el tipo de investigación idóneo.

Se empleará una investigación del tipo descriptiva.



### 1.6.2 Ubicación del Área de Investigación.

El área de investigación del presente estudio se encuentra localizado en la Av. Las Amapolas (1.96 km) en los Asentamientos Humanos: Residencial Santa Margarita, Los Claveles, las Dalias, La Molina, Villa Jardín, El Rosal, Florida del Norte, Los Geranios, Los Olivos, San Isidro y Mónica Zapata de la Provincia de Piura – Piura.

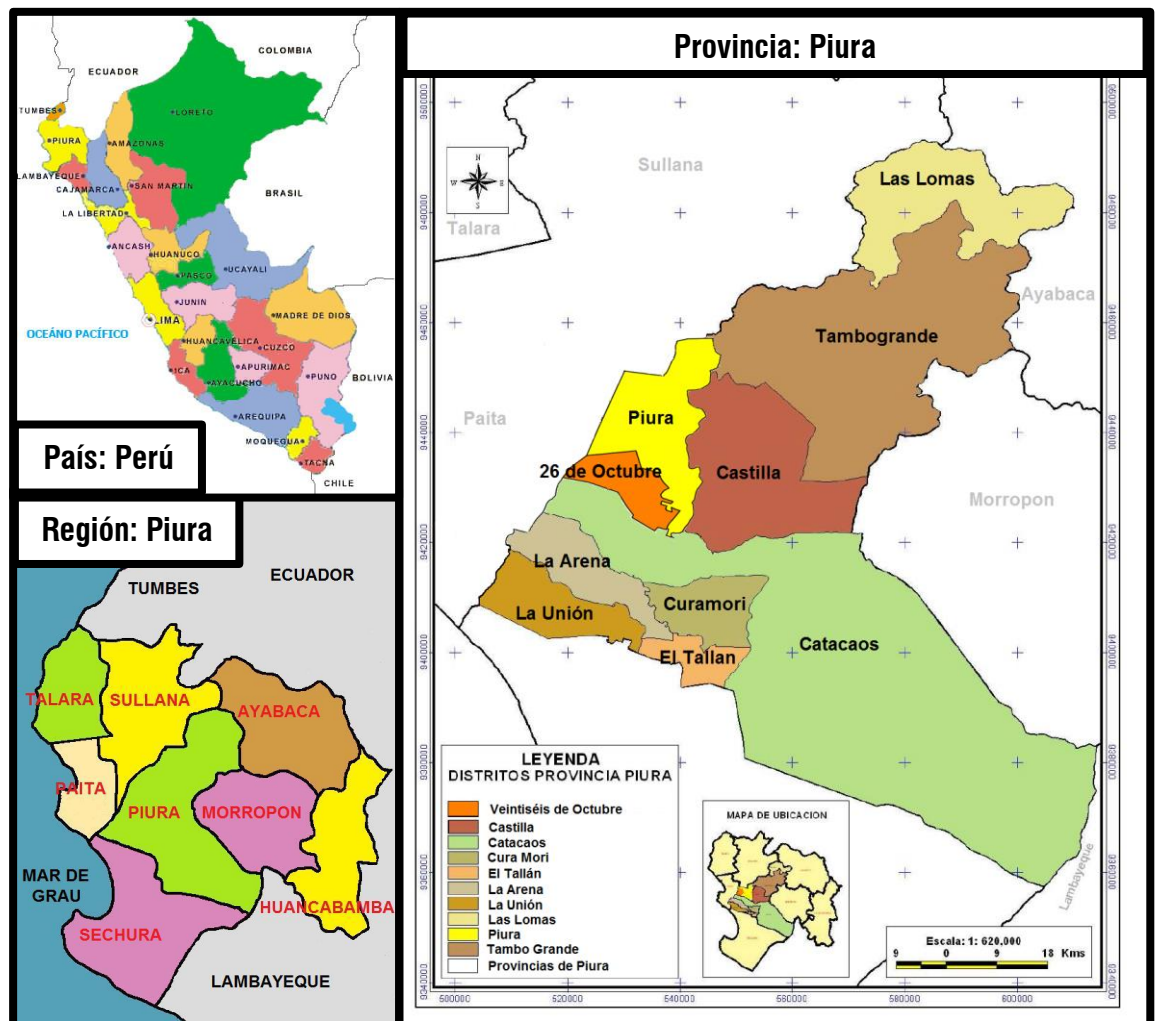
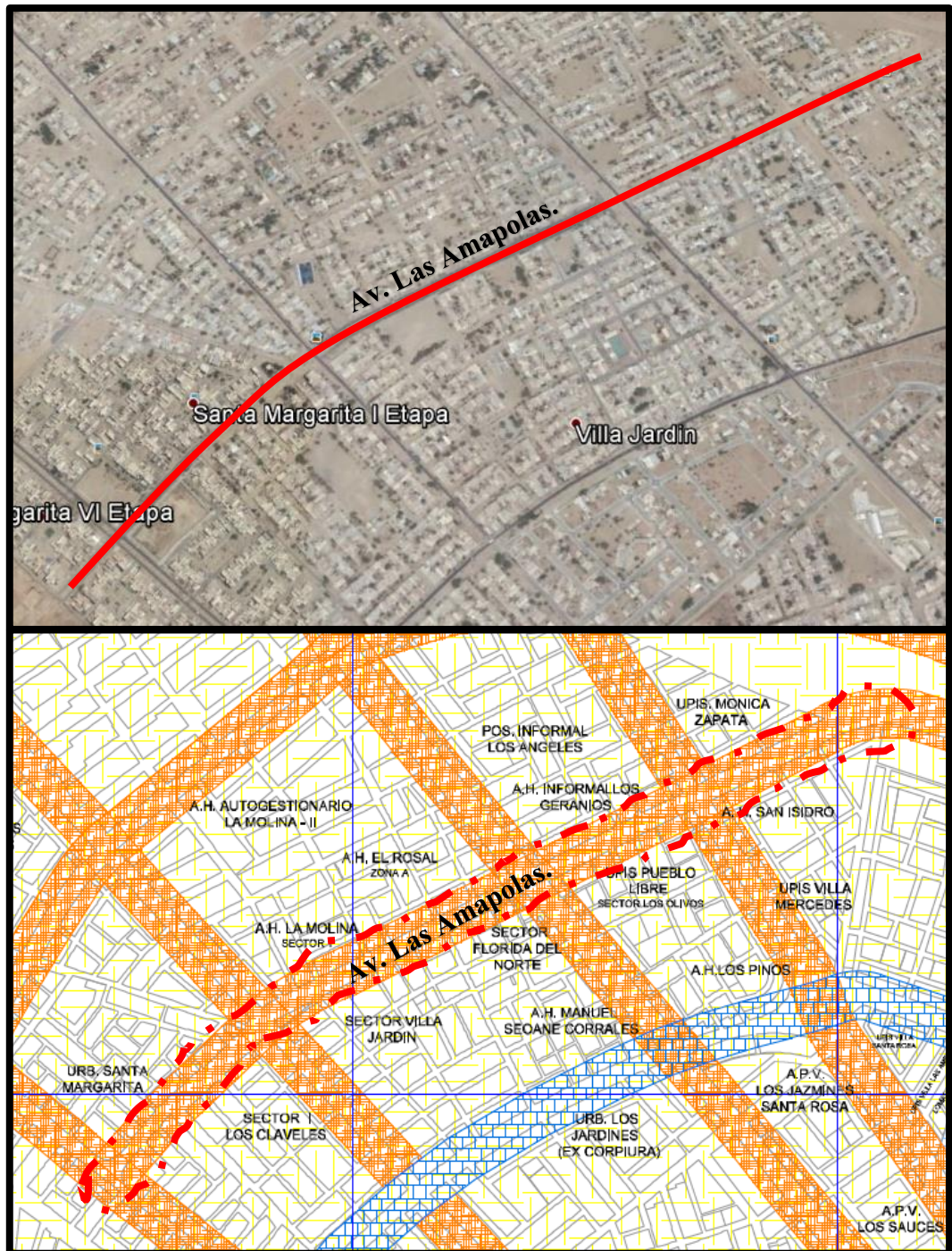


Figura 1.1, Macro Localización del Área de Estudio.

Ubicación de la Av. Las Amapolas:

- Departamento/Región : Piura.
- Provincia : Piura.
- Distrito : Piura y veintiséis de octubre.
- Zona : Urbana.
- Altitud : 50,18 m.s.n.m.

- **Región Geográfica** : Costa.
- **Código de Ubigeo** : 200115 (Distrito de Veintiséis de octubre).
- **Código de Ubigeo** : 200101 (Distrito de Piura).
- **Coordenadas UTM** : 9429778.248 Norte, 539056.563 Este.
- **Clasificación de la vía** : Colectora.
- **Longitud total** : 1.96 km.



**Figura 1.2, Micro Localización del Área de Estudio.**

### **1.6.3 Recopilación de Información.**

Para contar con datos que ayuden a la realización del presente trabajo de investigación se recopilará la siguiente información:

#### **Información Social:**

- **Población.**

La población de los asentamientos humanos aledaños a la Avenida Las Amapolas es la que emplea esta vía diariamente para desplazarse. Ellos nos podrán brindar los siguientes datos:

- ✓ Ocurrencia de accidentes de tránsito.
- ✓ Congestionamiento de tráfico.
- ✓ Problemas de polución.
- ✓ Existencia de cuencas ciegas.
- ✓ Tránsito de tráfico pesado.

- **Nivel de Organización.**

La población puede estar debidamente organizada. Y los dirigentes de cada junta vecinal también pueden dar a conocer la problemática vivida a lo largo de esta vía.

#### **Información Técnica.**

- **Topografía.**

Es la ciencia que ayudará a la representación gráfica de la superficie en estudio, con sus formas y detalles, tanto en altimetría y planimetría.

Permitirá trabajar en el diseño geométrico, porque brindará el ancho libre para calzar la sección de vía final. Y nos permitirá trabajar en las pendientes longitudinales presentes en la avenida Las Amapolas.

- **Geotecnia.**

Esta ciencia se encarga del estudio de las propiedades mecánicas del suelo de fundación.

Se recopilarán siguientes características mecánicas del suelo donde se asentará la avenida Las Amapolas:

- ✓ Granulometría de la subrasante.
- ✓ Límites de Consistencia.
- ✓ Pesos específicos.
- ✓ Humedades naturales.
- ✓ CBR de la subrasante, etc.

- **Tráfico.**

Este estudio se realiza para conocer el Volumen Medio Diario de cada tipo de vehículo que circula, en este caso, por las calles de los asentamientos humanos beneficiarios con esta propuesta técnica.

La metodología que se emplea es el conteo vehicular utilizando medios manuales de clasificación y conteo de unidades móviles en un punto estacionario.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIOS BÁSICOS**

El punto de partida para el desarrollo de un proyecto vial es la correcta aplicación de los estudios básicos. Ellos nos brindan información de primera mano para la realización del diseño geométrico y diseño estructural de un pavimento urbano.

Durante la aplicación de estos estudios básicos se dividieron en dos fases, una fase de campo desarrollada en el área de estudio empleando los equipos necesarios para la recolección de información y otra de gabinete que se refiere al procesamiento de la información obtenida.

El área donde se aplicarán estos estudios básicos es la Av. Las Amapolas (1.96km), la cual atraviesa los Asentamientos Humanos: Resid. Santa Margarita, Los Claveles, las Dalias, La Molina, Villa Jardín, El Rosal, Florida del Norte, Los Geranios, Los Olivos, San Isidro y Mónica Zapata de la Provincia de Piura – Piura.

Los estudios básicos realizados son los siguientes:

- Estudio Topográfico.
- Estudio de Mecánica de Suelos (Estudio Geotécnico).
- Estudio de Tráfico.

#### **2.1. Estudio Topográfico**

El Estudio Topográfico tiene por objetivo la determinación, tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno necesarios para obtener una representación real del área en estudio. Además de proporcionar información básica y necesaria basada en informes recopilados y evaluados, en data topográfica tomada en campo y procesada en gabinete de la topografía, cartografía, elementos estructurales, hidráulicos y demás de la zona materia del estudio.

Previamente a los trabajos de levantamiento topográfico, se hizo el reconocimiento de campo bajo la dirección del técnico en topografía como jefe de brigada topográfica, esta






### 3.1.1 Equipo de Ingeniería Empleado en el Estudio Topográfico

Cuadro 2.2, GPS Diferencial.

GPS DIFERENCIAL	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Marca: Trimble.</li><li>• Modelo: 4800 series.</li><li>• Frecuencia: L1/L2.</li></ul>	

Cuadro 2.3, Estación Total.

ESTACIÓN TOTAL	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Marca: Leica TS 02 Flexline.</li><li>• Precisión: 1.5 mm + 2 ppm.</li><li>• Medición c/prisma: 3500 m.</li><li>• Medición s/prisma: 400 m.</li><li>• Memoria interna: 24000 ptos.</li><li>• Aumento de lente: 30 X.</li></ul>	

Cuadro 2.4, Nivel de Ingeniero.

NIVEL DE INGENIERO	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Marca: Leica Jogger.</li><li>• Precisión: 2.0 mm.</li><li>• Diámetro del Objetivo: 36 mm.</li><li>• Aumento de lente: 24 X.</li></ul>	

### **3.1.2 Geo – Referenciación**

De acuerdo a la envergadura de la vía y del diseño vial a realizar se empleó la geo referenciación para la ubicación de dos puntos de control geodésicos enlazados a la red nacional, cuya metodología se trata a continuación:

#### **Alcances de los Trabajos de Geo – Referenciación**

El trabajo consistió en la determinación de las coordenadas geodésicas de los dos puntos de control, colocados en la zona del proyecto. En este trabajo se realizaron las siguientes actividades:

- Procesamiento previo de imágenes de satélite.
- Instalación del GPS diferencial para generar las coordenadas con código de identificación “AMA – 1” y “AMA – 2”, para la traslación de coordenadas.

#### **Objetivos de la Geo – Referenciación**

Determinación de las coordenadas y el control geodésico del levantamiento topográfico de orden “C”, con GPS diferencial doble frecuencia, con Base en el Punto de Orden “CERO” en Piura.

#### **Punto base**

El Punto base utilizado para enlazarnos a la Red Geodésica, fue el punto “PI01”. Ubicado en la Sede del Gobierno Regional de Piura.

#### **Procedimiento y ejecución**

Los trabajos se iniciaron con la instalación de la Estación Base en el punto geodésico denominado “PI01” de orden “CERO” y se procedió a medir los dos (02) puntos designados **AMA-01** y **AMA-02**.

Los puntos se midieron en dos horas y media de observación, determinando de esta manera los puntos de orden “C” (**AMA-01** y **AMA-02**).

Para efectuar el posicionamiento de los puntos de control, se mide desde la Estación “Referencia – Base”; en sesiones continuas. Hallándose de esta manera el vector tridimensional entre la base y el Róver. Posteriormente dicho vector es ajustado a las coordenadas de la Estación base.





**Figura 2.2, Ubicación del Punto de Control AMA-01.**



**Figura 2.3, Ubicación del Punto de Control AMA-02.**

**Cuadro 2.5, Puntos Geo Referenciados.**

Nombre	Coordenadas UTM WGS-84 17S		Altitud (msnm)
	Norte (m)	Este (m)	
<b>AMA-01</b>	9429766.406	539049.141	51.324
<b>AMA-02</b>	9429672.867	538785.718	52.266

### 3.1.3 Poligonal de Apoyo

La poligonal de apoyo es uno de los procedimientos para levantamientos topográficos más usados. Generalmente se emplean para establecer puntos de control y de apoyo para levantar detalles y posteriormente la elaboración de planos.

Una poligonal de apoyo es una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en sus vértices. La determinación de la posición de estos vértices se realizó mediante la medición del ángulo horizontal de cada uno de estos y la distancia horizontal entre vértices consecutivos.

#### **Procedimiento y ejecución**

Se establecieron 8 hitos monumentados debidamente referenciados que posterior a la compensación de ángulos y al proceso de nivelación serán los vértices de la poligonal de apoyo.

La poligonal de apoyo que se estableció para los trabajos fue de tipo abierta, de acuerdo al sistema de coordenadas UTM WGS-84 17S.

En cada una de las poligonales de apoyo se dejaron referenciados los vértices con varillas de fierro con base de concreto además de pintura; y se fueron enumerando según la secuencia del avance; El criterio para elegir la ubicación de los vértices fue de acuerdo a las facilidades de acceso en la zona.

A partir de la poligonal de apoyo, fueron levantados todos los elementos visibles y puntos sobre el terreno natural; éstos fueron medidos con el mismo equipo topográfico antes mencionado.

**Cuadro 2.6, Puntos de la Poligonal de Apoyo.**

Nombre	Coordenadas UTM WGS-84 17S		Cota (msnm)	Obs.
	Norte (m)	Este (m)		
P1	9429766.41	539049.14	51.324	AMA-01
P2	9429672.87	538785.72	52.266	AMA-02
P3	9429531.79	538535.99	51.743	
P4	9429430.00	538317.56	51.896	
P5	9429279.43	538040.38	51.552	
P6	9429112.95	537779.05	50.492	
P7	9428934.92	537577.74	50.916	
P8	9428720.51	537409.73	51.260	



**Figura 2.4, Ubicación de los Puntos de la Poligonal de Apoyo.**

### 3.1.4 Levantamiento Topográfico

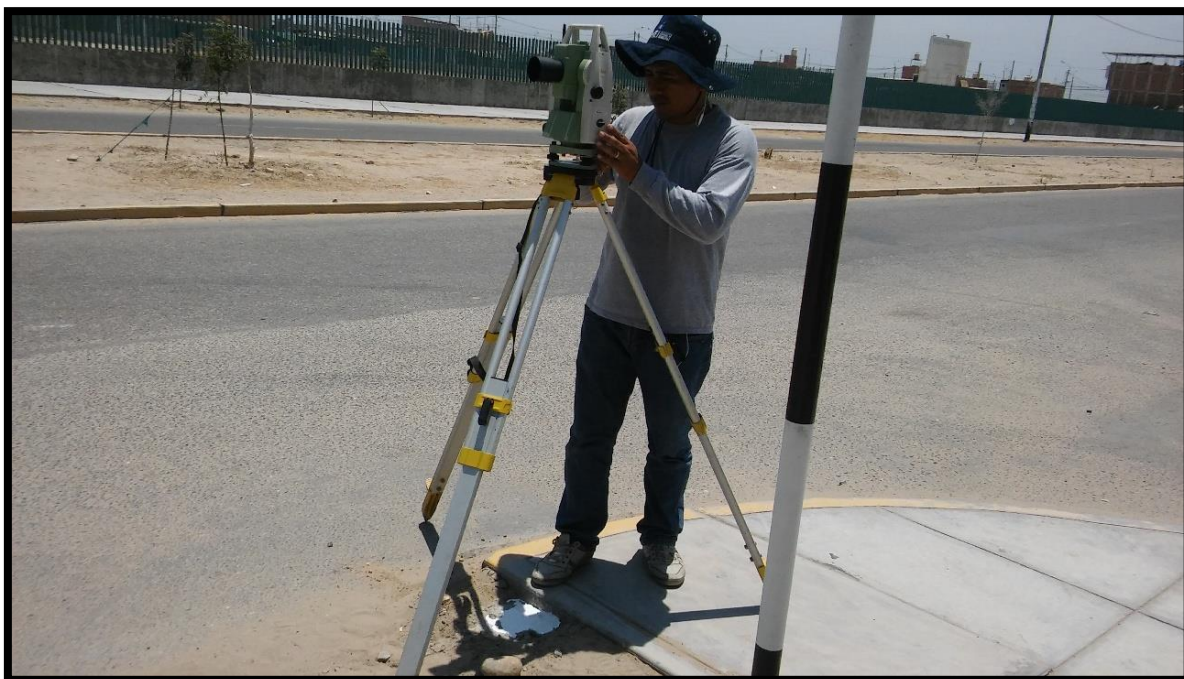
Los trabajos de levantamiento topográfico están referidos a coordenadas UTM con datum horizontal: WGS-84 y datum vertical: nivel medio del mar; y han sido ejecutados a partir de los Puntos de Control AMA-01 y AMA-02 establecidos con el objeto de que los planos sean generados dentro de los Parámetros Cartográficos que permitan la visualización completa del relieve y elementos importantes del terreno.

Para cada vértice de la poligonal abierta se encontraron, a partir de la nivelación geométrica, sus coordenadas y su respectiva altitud, es a partir de ellos que se realizará el levantamiento topográfico dándole coordenadas a cada punto levantado.



**Figura 2.5, Vértice de la Poligonal de Apoyo Monumentados.**





**Figura 2.6, Operador de la estación total realizando el levantamiento topográfico.**

### **Replante de Estructuras Existentes**

Se empleó el método de Radiación. A partir de las poligonales básicas se trasladó puntos hacia las estructuras a replantear, estableciéndose los vértices de la poligonal de apoyo para el levantamiento de los detalles de la Estructura.

Una vez materializados los vértices de la poligonal en el terreno se procedió a la toma de datos tanto de la poligonal como de la Estructura. Dichos datos fueron tomados con una Estación Total Leica TS02 con motor Servo especial para replanteo, mediante el cual se consigue acceder a puntos que son inaccesibles con el prisma normal.

Luego los datos recogidos en campo fueron trabajados en gabinete para su verificación y ajuste.

Las estructuras replanteadas fueron las siguientes:

- Bordes de pavimento existente, límite de lotes, veredas existentes, postes de alumbrado público, propiedades privadas, viviendas, etc.

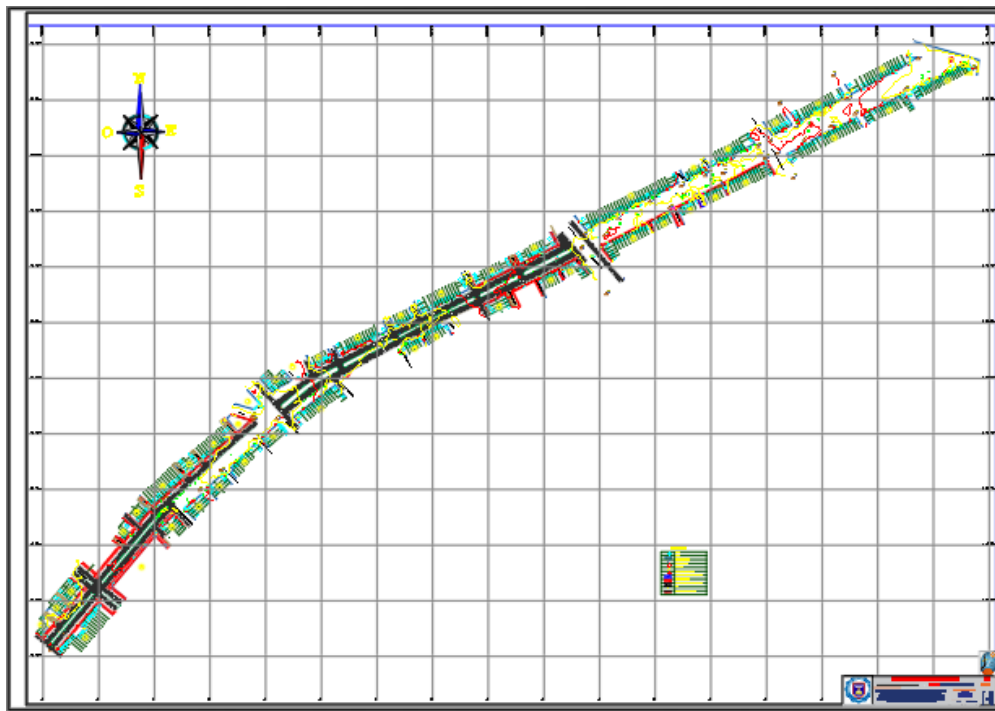
### 3.1.5 Procesamiento de la Información de Campo

Toda la información en el campo fue transmitida de los medios de almacenamiento de datos de la Estación Total hacia el ordenador a través del programa con el módulo básico en la opción de comunicación.

Esta información ha sido procesada por el módulo básico haciendo posible tener un archivo de radiaciones sin errores de cálculo y con su respectiva codificación de acuerdo a la ubicación de puntos característicos en el área que comprende el Levantamiento Topográfico.

El relieve de la zona en estudio presente una topografía plana con desniveles y en las excavaciones realizadas para la pavimentación en las calles, en la parte superior se presentan una capa de material fino como arena, plásticos, limos y otros entre los niveles de 0.20m, 0.85m y 1.00m.

Durante y una vez terminado el trabajo en campo de topografía se procedió al procesamiento en gabinete de la información topográfica en el software AutoCAD Civil 3D 2018, elaborando planos topográficos, perfiles longitudinales y vías principales, curvas de nivel al metro a escala conveniente; información que se presenta en el **CAPITULO 7 ANEXOS**.



**Figura 2.7, Plano Topográfico.**

## **2.2. Estudio de Mecánica de Suelos (Estudio Geotécnico)**

### **2.2.1 Generalidades**

Los EMS (Estudios de Mecánica de Suelos) se ejecutarán con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización racional de los recursos. NTP E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES (2016).

El presente Estudio de Mecánica de Suelos fue realizado estrictamente con fines de pavimentación, en la Av. Las Amapolas, en los distritos de Piura y Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, departamento de Piura.

El objetivo principal es determinar las propiedades físico mecánicas de los suelos y la capacidad de soporte donde se construirá dicha pavimentación de esta Av. Las Amapolas.



**Figura 2.8, Vista de la Intersección la Av. Las Amapolas con la Prolongación de la Av. Sullana.**

### **2.2.2 Geología y Geotecnia**

El área de emplazamiento donde se proyecta la construcción de esta obra vial es la zona denominada “Av. Las Amapolas”.

Geológicamente el área de estudio se encuentra en una zona urbanizada; y como terreno de fundación se encuentran arenas pobremente gradadas con limos (SP-SM), arena pobremente gradada (SP), arcilla de baja plasticidad con arena (CL) y limos de baja plasticidad con arcilla (ML), como capa superficial se localiza casi en su totalidad un material fino contaminado con limos, plásticos y raíces entre los niveles de 0.20, 0.80 y 1.00m.

### **2.2.3 Actividades Realizadas**

Para la realización del EMS se realizaron las siguientes actividades:

- Reconocimiento del área de estudio con la finalidad de programar las excavaciones.
- Reconocimiento Geológico de áreas adyacentes al área de estudio.
- Trabajos de excavación, descripción de las calicatas y muestreos alterados de suelo.
- Ensayos en el laboratorio y obtención de parámetros físico – mecánicos de los suelos.
- Redacción del EMS.

### **2.2.4 Fase de Campo**

Esta fase fue desarrollada por el tesista, en mi persona, acompañado y encaminado por el personal especializado de laboratorio de suelos, proyectándose 08 calicatas de acuerdo al **Cuadro 2.7**, con una profundidad mínima de 1.50 según la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (sin presencia de nivel freático), se proyectaron sus perfiles estratigráficos, en esta fase se procedió a realizar (muestras alteradas), para determinación de sus características físico – mecánicas.

**Cuadro 2.7, Número Mínimo de Puntos de Investigación. Extraído de la Norma CE. Pavimentos Urbanos.**

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m2)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
<b>Colectoras</b>	<b>1 cada</b>	<b>3000</b>
Locales	1 cada	3600



**Figura 2.9, Vista de la Calicata 3.**



**Figura 2.10, Vista del operario realizando una calicata muestreando con el barreno.**



Esta fase concluyo con la evaluación de las posibles canteras, para determinar todas sus características físico – mecánicas y darles un uso específico en el posterior proceso constructivo de la presente obra vial.

**Cuadro 2.8, Ubicación de los de Puntos de Investigación.**

N° de Calicata	Descripción	Coordenadas	
		Norte	Este
<b>Calicata C-1</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Calle Las Magnolias – Vía Derecha	<b>9428993</b>	<b>537681</b>
<b>Calicata C-2</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Av. Los Algarrobos – Vía Izquierda	<b>9429132</b>	<b>537801</b>
<b>Calicata C-3</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Calle Los Almendros – Vía Derecha	<b>9429251</b>	<b>538035</b>
<b>Calicata C-4</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Av. José Aguilar Santisteban – Vía Izquierda	<b>9429459</b>	<b>538359</b>
<b>Calicata C-5</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Calle Los Ceibos – Vía Derecha	<b>9429527</b>	<b>538578</b>
<b>Calicata C-6</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Av. Prolong. Sullana – Vía Izquierda	<b>9429633</b>	<b>538699</b>
<b>Calicata C-7</b>	Intersección Av. Las Amapolas con Calle N° 2 A.H San Isidro – Vía Derecha	<b>9429670</b>	<b>538866</b>
<b>Calicata C-8</b>	Fin de la Av. Las Amapolas – Vía Izquierda	<b>9429771</b>	<b>538981</b>

Con la nomenclatura establecida para tal fin en la norma ASTM D 2488 Y NTP 339.150 Descripción e Identificación de Suelos (Procedimiento Visual Manual) de la NORMA E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES, así mismo se registraron las vistas fotográficas en cada prospección. Dicha información fue levantada en campo en formatos internos elaborado especialmente para tal fin y posteriormente toda la información fue vaciada en los registros de perforación de calicatas que se adjuntan en el **CAPITULO 07 ANEXOS**.

De cada prospección efectuada se obtuvieron muestras representativas en cantidades suficientes para la ejecución de los ensayos de laboratorio requeridos para determinar las características físicas de los suelos de fundación.

### **2.2.5 Ensayos de Laboratorio**

Con las muestras tomadas en la fase anterior, se procedieron a realizar los ensayos para establecer los parámetros Físico Mecánicos, mínimos necesarios, para que el diseño con base en las recomendaciones sean el adecuado para esta obra vial, todo

esto en conformidad con el Manual de Carreteras y la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos.

Los trabajos de laboratorio permitieron determinar las propiedades de los suelos mediante ensayos Físicos y Mecánicos de las muestras disturbadas provenientes de cada una de las exploraciones. En el **Cuadro 2.9** se presentan los diferentes ensayos a los que fueron sometidas las muestras obtenidas en los trabajos de campo, describiendo el nombre del ensayo, uso, método de clasificación utilizado, tamaño de muestra utilizada y propósito del ensayo.

**Cuadro 2.9, Ensayos Realizados en el Laboratorio.**

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	NTP	ENSAYO ASTM	TAMAÑO DE LA MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	339.128	D422	200 gr.	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Contenido de Humedad	Clasificación	339.127	D2216	200 gr.	Hallar el contenido de humedad del suelo.
Límite Líquido	Clasificación	339.129	D4318	200 gr.	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico.
Límite Plástico	Clasificación	339.129	D4318	200 gr.	Hallar el contenido de agua entre los estados Plásticos y Semi Sólidos.
Índice Plástico	Clasificación			200 gr.	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación Proctor Modificado	Para controlar rellenos	339.141	D1557	45.0 kg	Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario de los suelos (Curva de Compactación).
CBR	Diseño de espesores	339.145	D1883	45.0 kg	Determinar la capacidad de carga. Permite inferir el módulo de resiliencia.

### **Propiedades Físicas:**

En cuanto a los ensayos a ejecutar, se explican y definen los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades físicas de los suelos y que permiten su clasificación.

- **Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422) – NTP 339.128**

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al Huso que se quiera dar al agregado.

- **Limite Líquido y Limite Plástico (ASTM D4318) – NTP 339.129**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N°200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido.

Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el cual el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarteo al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Limite Líquido (ASTM D 4318), y el contenido de humedad que pasa del estado plástico a semi seco es el Limite Plástico (ASTM D4318).

- **Contenido de Humedad Natural (ASTM D2216) – NTP 339.127**

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

- **Clasificación de Suelos por el Método SUCS (ASTM D2487) – NTP 339.134**

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los Límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

### **Propiedades Mecánicas:**

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las solicitaciones de cargas.

- **Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D1557) – NTP 339.141**

El ensayo de proctor o Peso Unitario se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente.

Si no que, al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, Llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintégrales que dificultan la compactación. El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, al grado de llenar casi los vacíos del suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

#### **2.2.6 Fase de Gabinete**

##### **Resumen de Ensayos de Laboratorio**

Se elaboró un cuadro que comprende los resultados de ensayos de laboratorio (**Cuadro 2.10**) donde se presentan las características Físicas y Mecánicas de los suelos provenientes de los ensayos realizados, a las muestras extraídas, en laboratorio.

**Cuadro 2.10, Resultados de los Ensayos Realizados en el Laboratorio.**

CALICATA		C-1			C-2				C-3				C-4		C-5		C-6		C-7		C-8		
Muestra		S/M	M-1	M-2	S/M	M-1	M-2	M-3	S/M	M-1	M-2	M-3	S/M	M-1	S/M	M-1	S/M	M-1	S/M	M-1	S/M	M-1	M-2
Profundidad (m.)		0.00	0.30	1.20	0.00	0.03	0.30	1.40	0.00	0.005	0.20	1.30	0.00	0.60	0.00	0.30	0.00	0.85	0.00	1.00	0.00	0.20	1.30
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.30	1.20	2.00	0.03	0.30	1.40	2.00	0.005	0.20	1.30	2.00	0.60	2.00	0.30	2.00	0.85	2.00	1.00	2.00	0.20	1.30	2.00
% Pasa Malla N° 4		MATERIAL ORGANICO	100.0	100.0	CARPETA ASFALTICA	55.9	100.0	100.0	CAPA DE SLURRY	48.2	100.0	100.0	MATERIAL ORGANICO	100.0	MATERIAL ORGANICO	100.0	MATERIAL ORGANICO	100.0	MATERIAL ORGANICO	100.0	MATERIAL ORGANICO	100.0	100.0
% Pasa Malla N° 200			11.0	3.8		22.0	70.3	9.6		10.5	86.2	60.4		7.1		11.3		5.5		60.4		84.9	61.0
% GRAVA			0.0	0.0		44.1	0.0	0.0		51.8	0.0	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	0.0
% ARENA			89.0	96.2		33.8	29.7	90.4		37.7	13.8	39.6		92.9		88.7		94.5		39.6		15.1	39.0
Limite liquido			0.0	0.0		34.3	21.0	0.0		26.1	29.8	23.7		0.0		0.0		0.0		21.6		28.1	20.8
Índice Plástico			NP	NP		12.8	5.9	NP		10.1	13.1	5.3		NP		NP		NP		6.3		11.9	4.1
Contenido de humedad %			1.68	3.17		5.76	4.56	1.68		3.36	10.11	5.07		4.31		4.91		2.46		5.36		6.15	3.77
Clasificación de Suelos “SUCS”			SP - SM	SP		GS - CL	ML - CL	SP - SM		GP - GS	CL	ML - CL		SP - SM		SP - SM		SP - SM		ML - CL		CL	ML - CL
Proctor Modificado	MDS (gr/cm3)		...	...		...	...	...		...	1.917	...		1.663		...		1.629		1.923		1.866	...
	MDS (OCH %)		...	...		...	...	...		...	8.9	...		14.2		...		16.3		11.8		10.30	...
CBR (1")	al 95%	...	...	...	...	...	...	6.5	...	16.2	...	18.0	11.0	4.1	...								
	al 100 %	...	...	...	...	...	...	7.2	...	25.9	...	20.7	11.7	5.5	...								

**Cuadro 2.11, Relación Densidad, Humedad (ASTM D1557) Proctor y CBR.**

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	CBR AL 100%		PROCTOR	
			0.1"	0.2"	DMS Gr/cm3	HUMEDAD OPTIMA %
0.20 – 1.30	C-1	M-1	5.5	7.1	1.866	10.30
1.00 – 2.00	C-2	M-1	11.7	12.6	1.923	11.80
0.85 – 2.00	C-3	M-1	20.7	28.1	1.629	16.30
0.60 – 2.00	C-5	M-1	25.9	36.8	1.663	14.20
0.20 – 1.30	C-6	M-2	7.2	10.6	1.917	8.90

### Perfil Estratigráfico

De acuerdo a la exploración efectuada mediante las calicatas C-1 a C-8 el perfil estratigráfico presenta las siguientes características:

- **CALICATA 01 (Intersección Av. Las Amapolas con Calle Las Magnolias – Vía Derecha)**

<b>0.00 – 0.30</b>	Se localiza un material de textura fina con trazas de ladrillos y plásticos, con un espesor de 0.30m.
<b>0.30 – 1.20</b>	Arena pobremente gradada, con limo color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “SP-SM” y con un espesor de 0.90m.
<b>1.20 – 2.00</b>	Arena pobremente gradada, color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “SP” y con un espesor de 0.80m.
<b>NIVEL FREÁTICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

- **CALICATA 02 (Intersección Av. Las Amapolas con Av. Los Algarrobos – Vía Izquierda)**

<b>0.00 – 0.03</b>	Se localiza una capa de carpeta asfáltica.
<b>0.03 – 0.30</b>	Grava arcillosa con arena, color blanco humo de textura dura húmeda. Se clasifica según SUCS como “GC” y con un espesor de 0.27m.
<b>0.30 – 1.40</b>	Arcilla limosa de baja plasticidad con arena, color beige de textura firme húmeda. Se clasifica según SUCS como “ML-CL” y con un espesor de 1.10m.
<b>1.40 – 2.00</b>	Arena pobremente gradada con limo color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “SP-SM” y con un espesor de 0.60m.
<b>NIVEL FREÁTICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

- **CALICATA 03 (Intersección Av. Las Amapolas con Calle Los Almendros – Vía Derecha)**

<b>0.00 – 0.005</b>	Se localiza una capa de Slurry.
<b>0.005 – 0.20</b>	Grava pobremente gradada con arcilla y arena, color marrón claro de textura dura húmeda. Se clasifica según SUCS como “GP-GC” y con un espesor de 0.195m.
<b>0.20 – 1.30</b>	Arcilla de baja plasticidad color verde de textura dura húmeda. Se clasifica según SUCS como “CL” y con un espesor de 1.10m.
<b>1.30 – 2.00</b>	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad color verde de textura firme húmeda. Se clasifica según SUCS como “ML-CL” y con un espesor de 0.70m.
<b>NIVEL FREATICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

- **CALICATA 04 (Intersección Av. Las Amapolas con Av. José Aguilar Santisteban – Vía Izquierda)**

<b>0.00 – 0.60</b>	Se localiza un material de textura fina con trazas de ladrillos y plásticos, con un espesor de 0.60m.
<b>0.60 – 2.00</b>	Arena pobremente gradada con limo color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “SP-SM” y con un espesor de 1.40m.
<b>NIVEL FREATICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

- **CALICATA 05 (Intersección Av. Las Amapolas con Calle Los Ceibos – Vía Derecha)**

<b>0.00 – 0.30</b>	Se localiza un material de textura fina con plásticos y trazas de ladrillos, con un espesor de 0.30m.
<b>0.30 – 2.00</b>	Arena pobremente gradada con limo color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “SP-SM” y con un espesor de 1.70m.
<b>NIVEL FREATICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.



- **CALICATA 06 (Intersección Av. Las Amapolas con Av. Prolong. Sullana – Vía Izquierda)**

<b>0.00 – 0.85</b>	Se localiza un material de textura fina arena contaminada con plásticos y trazas de ladrillos, con un espesor de 0.85m.
<b>0.85 – 2.00</b>	Arena pobremente gradada con limo color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “SP-SM” y con un espesor de 1.15m.
<b>NIVEL FREATICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

- **CALICATA 07 (Intersección Av. Las Amapolas con Calle N° 2 A.H San Isidro – Vía Derecha)**

<b>0.00 – 1.00</b>	Se localiza un material de textura fina como arena contaminada con plásticos y trazas de ladrillos, con un espesor de 1.00m.
<b>1.00 – 2.00</b>	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, color beige de textura firme húmeda. Se clasifica según SUCS como “ML-CL” y con un espesor de 1.00m.
<b>NIVEL FREATICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

- **CALICATA 08 (Fin de la Av. Las Amapolas – Vía Izquierda)**

<b>0.00 – 0.20</b>	Se localiza un material de textura fina como limos contaminada con ladrillos y algunos plásticos, con un espesor de 0.20m
<b>0.20 – 1.30</b>	Arcilla de baja plasticidad con arena, color beige de textura firme húmeda. Se clasifica según SUCS como “CL” y con un espesor de 1.10m.
<b>1.30 – 2.00</b>	Arcilla limo arenoso de baja plasticidad, color beige de textura suave húmeda. Se clasifica según SUCS como “ML- CL” y con un espesor de 0.90m.
<b>NIVEL FREATICO</b>	Con respecto a su nivel freático, no fue encontrado hasta la profundidad explorada de -2.00m.

## **2.3. Estudio de Tráfico**

### **2.3.1 Generalidades**

El estudio de tráfico tiene por objeto, cuantificar, clasificar por tipos de vehículos y conocer el volumen diario de los vehículos que transitan en cada una de las intersecciones más importantes de la vía Av. Amapolas; y así a través del conteo vehicular tener los elementos necesarios para la determinación de las características de diseño de la vía.

Como objetivo general, el estudio de tráfico, tiene el determinar el Índice Medio Diario (IMD) y su proyección, para la evaluación técnica del proyecto y los volúmenes en horario de máxima demanda en cada uno de las intersecciones estudiadas.

Además, este estudio permite identificar las horas puntas y horas valle de cada estación por cada día y en cada uno de los turnos de trabajo. Determinando la hora pico en cada estación por cada día de conteo del aforo vehicular, identificando los flujos de ingreso y egreso de la avenida en estudio.

Por ello, al final del estudio, permitirá estimar los volúmenes del tráfico sin y con proyecto.

### **2.3.2 Alcances del Estudio**

El alcance del estudio comprenderá el desarrollo de las siguientes actividades:

- Levantamiento de información de campo relacionado al aforo vehicular (conteo y clasificación) en cada una de las intersecciones, para determinar los cálculos del Índice Medio Diario (IMD) de la vía.
- Cálculo del Índice Medio Diario (IMD) para el dimensionamiento del pavimento.
- Los resultados obtenidos del procesamiento de la información del conteo del aforo vehicular serán utilizados para el desarrollo de otros estudios de ingeniería que permitirán determinar variables del diseño de la vía.

### 2.3.3 Descripción del Trabajo en Campo

Para realizar el conteo de tráfico vehicular, se identificaron 03 Intersecciones a evaluar dentro de la vía en estudio distribuidas en los 1.96 km de vía.

**Cuadro 2.12, Ubicación de las Estaciones de Conteo.**

ESTACIÓN	UBICACIÓN
E-01	Ubicada en la intersección de la Av. Amapolas con la Av. José Eugenio Aguilar Santisteban.
E-02	Ubicada en la intersección de la Av. Amapolas con la Av. Algarrobos.
E-03	Ubicada en la intersección de la Av. Amapolas con la Av. Principal.

#### **Metodología del conteo de tráfico**

Con el objetivo de estimar los volúmenes de tránsito actual, se ha empleado el método del Observador Estático, método de aforo manual que se usa para contabilizar volúmenes clasificados por tipo de vehículo y por tipo de movimiento (giros). La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada contador.

El conteo vehicular se realiza mediante paloteo y se cuenta cada 15 min según los términos establecidos para los estudios de tránsito vehicular en intersecciones.

Se sigue la secuencia mostrada a continuación para la obtención de los flujos vehiculares en horario de máxima demanda en cada una de las intersecciones:

- Recopilación de la información en campo (aforos vehiculares).
- Procesamiento de la información obtenida en campo.
- Identificación de tramos homogéneos.

El conteo volumétrico (aforo vehicular) se realizó en las estaciones principales durante 3 días, desde el día jueves 25 de mayo al sábado 27 de mayo del año 2017.

El conteo se efectuó en forma simultánea identificando los giros que realiza cada unidad vehicular al llegar a la intersección de estudio y la tipología de cada unidad vehicular.

El conteo se realizó durante un turno de 12 horas por día, el mismo que empieza a las 07:00:00 Horas y termina a las 18:59:59 horas.

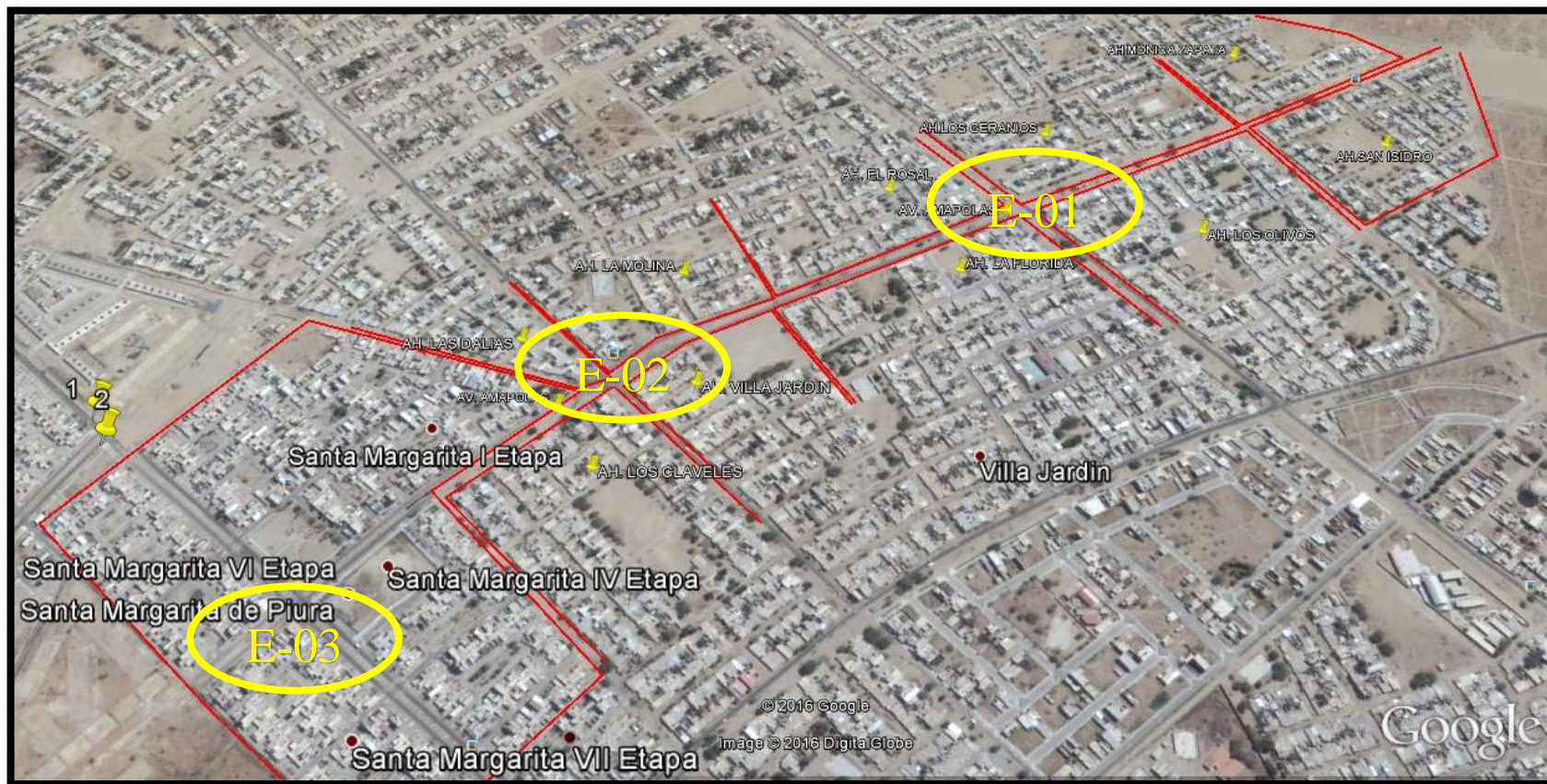
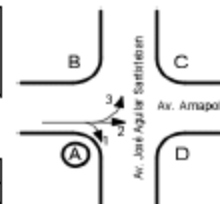


Figura 2.11, Ubicación de las Estaciones de Cuento.

**PROYECTO DE TESIS**  
**"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEIS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA"**  
**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR**  
**ESTUDIO DE TRAFICO**



TIPO DE VIA	URBANA - VIA COLECTORA
NOMBRE DE VIA	AV. AMAPOLAS
UBICACIÓN	INTERSECCION AV. AMAPOLAS CON AV. JOSE AGUILAR SANTISTEBAN

ESTACION	I
CODIGO DE LA ESTACION	E - I
DIA Y FECHA	

HORA		MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO Y/O CUSTER	BUS		CAMION	SEMI TRAYLER Y/O TRAYLER
DIAGRA. VEH.													
15min	1												
	2												
	3												
15min	1												
	2												
	3												
15min	1												
	2												
	3												
15min	1												
	2												
	3												

ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

ING. RESPONS: \_\_\_\_\_

Figura 2.12, Formato de conteo vehicular para la Estación E-01 (Giro A).





**Figura 2.13, Vista del observador estático realizando el conteo de vehículos en la Estación E-02.**

#### **2.3.4 Procesamiento de la Información Obtenida en Campo**

Esta actividad corresponde íntegramente al trabajo de gabinete. La información de los conteos de tráfico obtenidos en campo es procesada en formatos Excel, donde se registran todos los vehículos por hora y día, por giro realizado y por tipo de vehículo, así como el consolidado de ambos sentidos.

La información proveniente de los conteos nos dio a conocer los volúmenes de tráfico que soporta cada una de las intersecciones en estudio, así como la composición vehicular y variación diaria y horaria.

##### **Determinación del flujo horario de máxima demanda vehicular**

El objetivo del estudio es establecer, el flujo horario de máxima demanda vehicular para cada una de las intersecciones estudiadas, este flujo vehicular se presenta en una gráfica en la que se muestra la participación de cada tipo de vehículo y de cada giro que ocurre en la intersección.

### **Determinación del IMD**

Asimismo, de los aforos vehiculares se obtienen los flujos durante todo el día que provienen de cada uno de los accesos de la intersección (tanto de la Av. Amapolas en sus dos sentidos, como de la calle perpendicular a ella en cada una de las intersecciones – Av. Santisteban, Av. Algarrobos y Av. Principal).

Este volumen total diario de tráfico se puede utilizar para calcular los promedios de conteo de días laborables y no laborables en la Av. Amapolas en cada una de las intersecciones. Para fines de análisis, se ha calculado por separado el Índice Medio Diario (IMD) de días laborables y días no laborables mediante las siguientes formulas:

$$IMD_{DL} = \frac{V_{DL1} + V_{DL2}}{2}$$

$$IMD_{DNL} = \frac{V_{DNL1}}{1}$$

Donde:

$IMD_{DL}$  : Índice Medio Diario de los días laborables.

$IMD_{DNL}$  : Índice Medio Diario de los días no laborables.

$V_{DLn}$  : Volumen registrado en el día laborable n (jueves y viernes).

$V_{DNLn}$  : Volumen registrado en el día no laborable n (sábado).

### **Tráfico anual en cada estación**

Una vez que se ha determinado el IMD para días laborables y días no laborables, se procede a calcular el valor de los días equivalentes de los días no laborables que permita comparar los valores del Índice Medio Diario de los días no laborales y laborables.

Para ello, se calcula un factor de conversión de días equivalentes para los días no laborables mediante la siguiente formula.

$$FE = \frac{IMD_{DNL}}{IMD_{DL}}$$

Donde:

$FE$  : Factor de equivalencia

$IMD_{DL}$  : Índice Medio Diario de los días laborables.

$IMD_{DNL}$  : Índice Medio Diario de los días no laborables.

Luego, se calcula los días no laborables de un año en su equivalente a los días laborales con la finalidad de uniformizar los índices medios diarios tanto de los días laborables como de los días no laborales. Con ello, se puede estimar el tráfico anual de vehículos que pasarían por las estaciones objeto de estudio.

### 2.3.5 Resultado del Conteo Vehicular

Se ha considerado como situación actual al espacio de tiempo definido en el mes de mayo, teniendo en cuenta las fechas en las cuales se realizó el trabajo de campo.

El conteo y clasificación del aforo vehicular de cada una de las intersecciones se realizaron desde jueves 25 de mayo hasta el sábado 27 de mayo del 2017.

Teniendo en cuenta el horario las características del tráfico y de actividad en la ciudad de Piura, dominada por los horarios de trabajo y horarios escolares. Así mismo, se ha considerado que la mayoría de los viajes se dan hacia el centro de Piura a partir de las 6:30 a.m., se estableció el turno del aforo vehicular desde las 7 a.m. hasta las 07 p.m.

También las maniobras se representan por flechas, para la ubicación estratégica del trabajador que realizará el conteo.

Para facilitar el procesamiento de la información requerida, se ha clasificado el flujo vehicular por tipo de vehículo, éstos han sido agrupados en tres grandes grupos: vehículos menores (motos lineales y moto taxis), vehículos ligeros (auto, pick up y combi) y vehículos pesados (micros, buses y camiones).

Para el estudio y estimación del flujo vehicular, es necesario convertir los datos de vehículos contados en unidades vehiculares equivalentes. Mediante los factores



mostrados en el **Cuadro 2.14** se podrá realizar esta conversión de los datos registrados; teniendo en cuenta la clasificación vehicular y direccionalidad de maniobra.

**Cuadro 2.13, Factores de conversión para Unidades Equivalentes. Guía metodológica para PIP de viabilidad urbana.**

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE EQUIVALENCIA
Automóvil o camioneta	1.0
Camión	2.5
Camión de 2 ejes o más	3.5
Microbuses	2.0
Ómnibus	3.0
Articulados	4.0
Camionetas rurales	1.25
Moto taxis	0.50

Los flujos vehiculares se deben evaluar durante las horas de mayor afluencia vehicular en cada una de las intersecciones. Estos flujos máximos son los que deben utilizarse según los lineamientos de la Ingeniería de Tránsito.

Finalmente, con los datos obtenidos del conteo vehicular, se elaboran flujogramas para cada una de las intersecciones. Un flujograma es una sencilla presentación gráfica que sirve para conocer los sentidos y volúmenes vehiculares que transitan por una intersección. Todos los flujogramas tienen información general del Proyecto como: Nombre de la Intersección, Código de la estación, la fecha, hora y día del análisis; también se muestra la direccionalidad de las maniobras, el tipo de vehículo y la incidencia de éstos en la intersección.

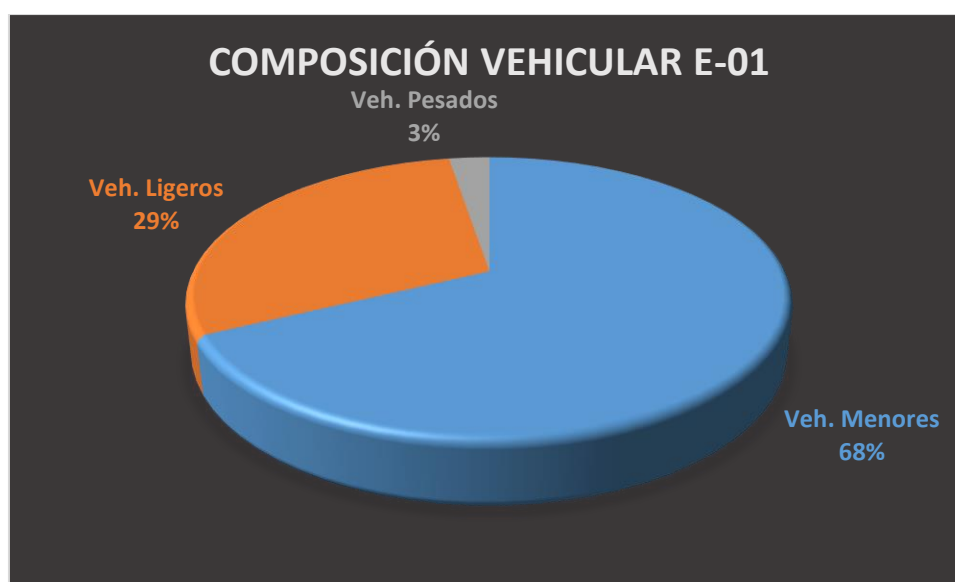
A continuación, se presenta la información procesada en representaciones de tablas, gráficos y flujogramas para cada punto de observación, estos datos corresponden al mayor flujo vehicular medido como corresponde en los estudios de tránsito vehicular en intersecciones.

**Estación E-01: Cruce de la Av. Amapolas con la Av. José Eugenio Aguilar Santisteban**

- **Conteo y clasificación vehicular**

En la Estación E-01 ubicada en el cruce la Av. Amapolas con la Av. Aguilar Santisteban se realizó el conteo vehicular durante 3 días (del 25 de mayo al 27 de mayo del 2017), obteniéndose sobre la base del aforo: el volumen, vehicular diaria por sentido y la consolidación de ambos sentidos.

A continuación, en el **Gráfico 2.1** se puede apreciar la composición vehicular semanal de la Estación E-01.



**Gráfico 2.1, Composición del conteo vehicular semanal en la E-01.**

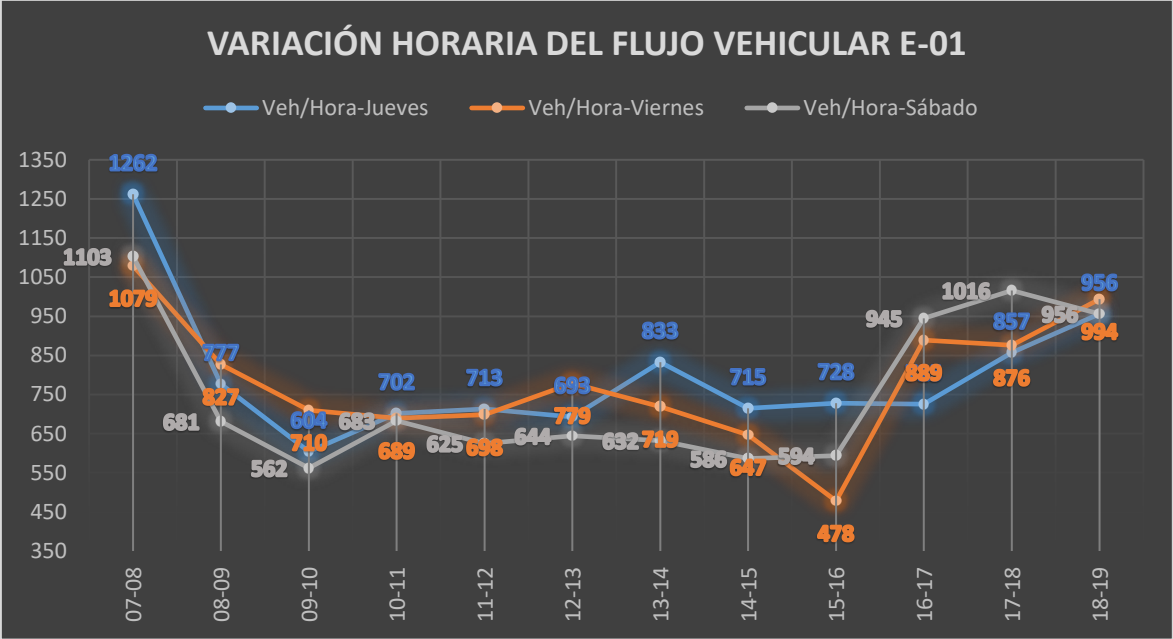
Así mismo, en los siguientes cuadros se pueden apreciar los resultados del conteo vehicular de cada día de los accesos de la intersección.

**Cuadro 2.14, Resultados del conteo vehicular Estación E-01.**

DÍA	AVENIDA	ACCESO	MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	PICK UP	COMBIS	CUSTER-MICRO	AUTOBUS	CAMIONES	ARTICULADOS	SUBTOTAL	TOTAL	
Jueves	Av. Amapolas	A	193	261	51	8	4	0	0	2	0	838	9565	
			44	69	20	4	2	0	0	2	1			
			49	86	26	10	2	0	0	4	0			
		C	66	231	123	14	1	0	0	7	0	1342		
			13	72	24	13	1	0	0	3	1			
			183	327	212	25	10	2	0	14	0			
		B	59	183	93	8	0	0	0	4	2	3013		
			580	1087	692	135	3	10	3	60	0			
			10	61	11	7	3	0	0	2	0			
			D	84	305	30	6	1	0	0	8	1		4372
				658	1577	913	129	10	0	7	37	0		
				129	227	214	19	4	1	1	7	4		
Viernes	Av. Amapolas	A	109	308	99	11	1	0	0	5	1	974	9385	
			62	106	15	6	0	2	0	4	0			
			70	137	26	10	0	0	0	2	0			
		C	63	261	116	8	3	1	0	6	0	1469		
			12	49	14	4	0	0	0	1	0			
			188	418	282	25	6	4	0	8	0			
		B	78	232	116	7	2	0	0	7	6	3304		
			537	1056	689	125	8	0	3	61	0			
			41	277	47	4	0	0	0	7	1			
			D	22	89	17	1	1	0	0	3	1		3638
				508	1507	730	99	3	3	3	32	0		
				116	253	234	9	3	0	0	2	2		
Sábado	Av. Amapolas	A	82	260	38	9	3	0	0	13	0	719	9027	
			38	71	13	2	0	2	0	2	0			
			44	118	13	7	0	1	0	2	1			
		C	61	234	114	4	1	1	0	9	1	1391		
			34	84	26	8	1	0	0	10	0			
			163	332	256	19	6	2	0	25	0			
		B	74	227	95	5	2	0	1	3	5	3350		
			535	1053	687	176	46	46	24	81	0			
			40	208	20	5	3	0	1	13	0			
			D	28	109	13	3	0	1	0	2	0		3567
				492	1243	731	151	51	36	22	71	0		
				112	276	206	11	2	0	0	3	4		

- Variación Horaria**

A continuación, en el **Gráfico 2.2** se muestra la variación horaria del flujo vehicular de los 3 días de muestra en la intersección Av. Amapolas con Av. Aguilar Santisteban.



**Gráfico 2.2, Variación Horaria del Flujo Vehicular Estación E-01.**

- Flujo del horario de máxima demanda vehicular en la E-01**

A lo largo de los 3 días de conteo y clasificación del aforo vehicular se ha determinado las horas puntas por cada turno de trabajo. A continuación, en el **Cuadro 2.16** se muestra la hora punta de cada día y en la **Figura 2.17** se muestra el flujograma con la mayor afluencia en la hora punta detallando los giros, accesos y tipo de vehículo.

**Cuadro 2.15, Horas punta por día de la Estación E-01.**

Día	Hora punta	Total, vehículos/hora
Jueves 25 de mayo	07:00:00-07:59:59	1262
Viernes 26 de mayo	07:00:00-07:59:59	1079
Sábado 27 de mayo	07:00:00-07:59:59	1103

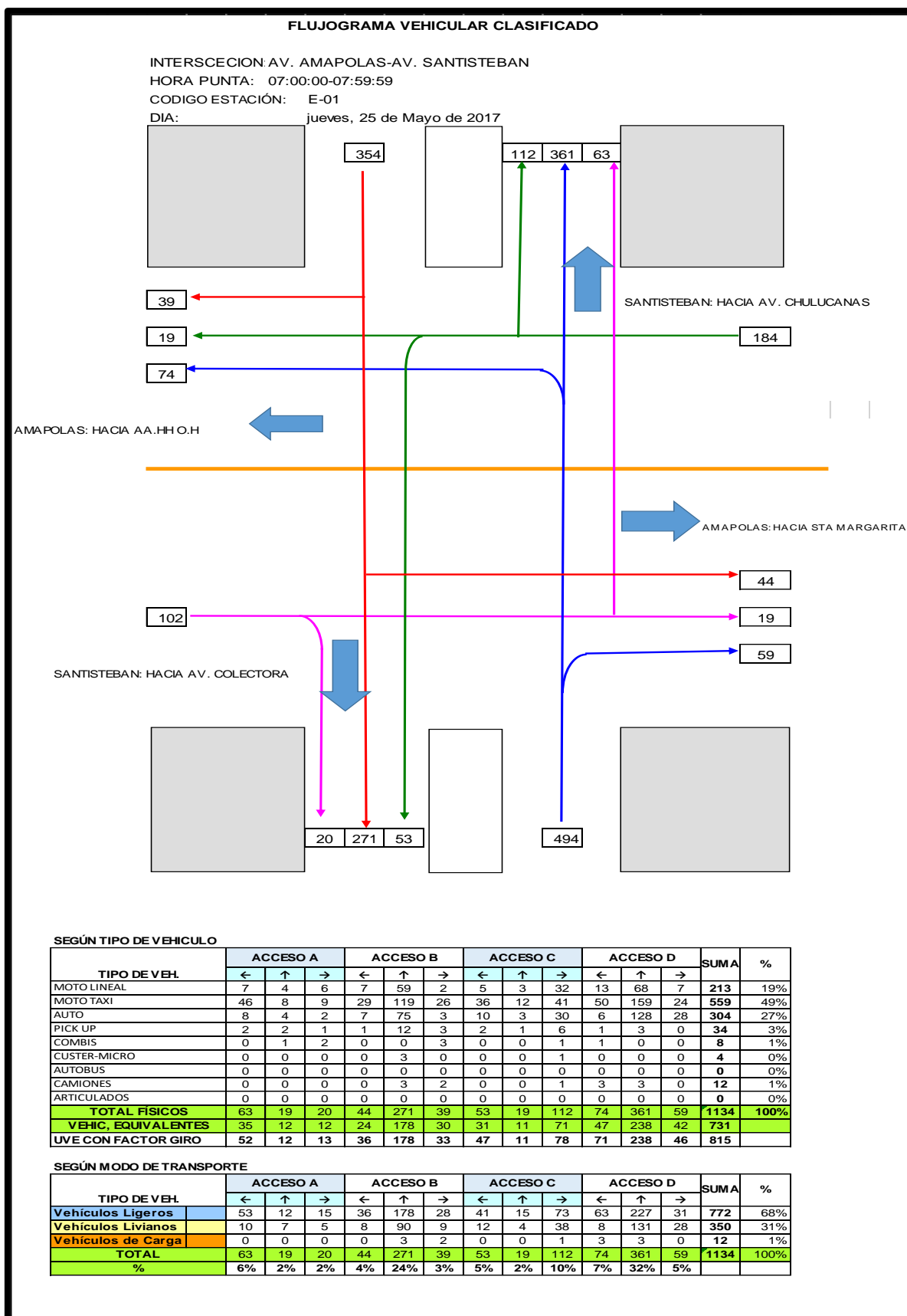


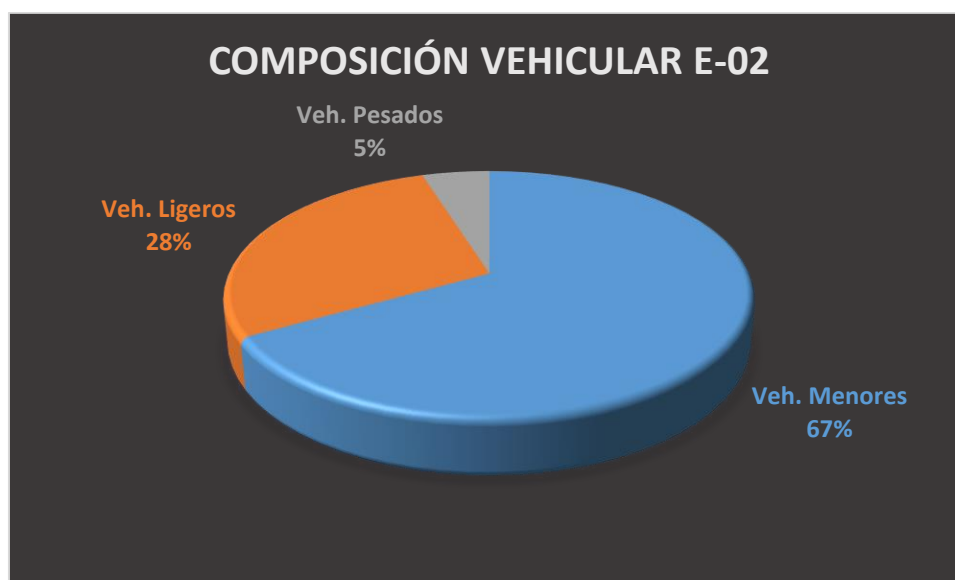
Figura 2.14. Flujograma del Horario de Máxima Demanda Vehicular Estación E-01.

### **Estación E-02: Cruce de la Av. Amapolas con la Av. Algarrobos**

- **Conteo y clasificación vehicular**

En la Estación E-02 ubicada en el cruce la Av. Amapolas con la Av. Algarrobos se realizó el conteo vehicular durante 3 días (del 25 de mayo al 27 de mayo del 2017), obteniéndose sobre la base del aforo: el volumen, vehicular diaria por sentido y la consolidación de ambos sentidos.

A continuación, en el **Gráfico 2.3** se puede apreciar la composición vehicular semanal de la Estación E-02.



**Gráfico 2.3, Composición del conteo vehicular semanal en la E-02.**

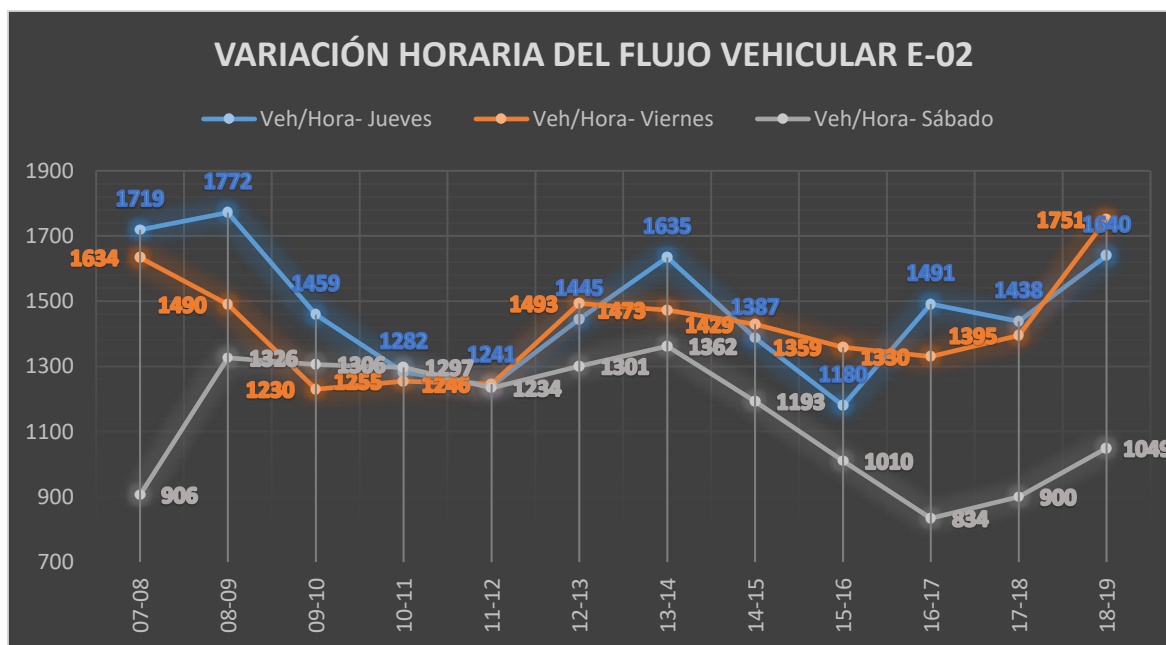
Así mismo, en los siguientes cuadros se pueden apreciar los resultados del conteo vehicular de cada día de los accesos de la intersección.

**Cuadro 2.16, Resultados del conteo vehicular Estación E-02.**

DÍA	AVENIDA	ACCESO	MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	PICK UP	COMBIS	CUSTER-MICRO	AUTOBUS	CAMIONES	ARTICULADOS	SUBTOTAL	TOTAL
Jueves	Av. Amapolas	A	396	795	931	33	20	0	1	13	1	6201	17689
			391	623	400	17	0	1	1	9	2		
			616	1047	791	74	8	3	1	21	6		
		C	396	795	931	33	20	0	1	13	1	1477	
			391	623	400	17	0	1	1	9	2		
			616	1047	791	74	8	3	1	21	6		
		B	35	155	22	14	2	0	1	8	1	5012	
			885	2062	987	163	0	193	6	53	0		
			86	239	61	27	3	0	2	4	3		
		D	80	427	235	19	4	1	0	14	4	4999	
			720	1867	769	183	22	242	32	118	4		
			60	157	28	11	1	0	0	1	0		
Viernes	Av. Amapolas	A	300	708	877	13	1	2	1	6	0	5357	17085
			273	452	335	14	3	3	1	8	0		
			614	967	664	60	14	15	0	25	1		
		C	31	101	36	8	1	0	1	7	1	1216	
			163	381	84	41	7	1	0	7	0		
			75	168	81	12	8	0	0	2	0		
		B	57	172	28	8	1	0	0	2	1	5239	
			934	2180	976	198	20	230	27	98	16		
			63	181	34	6	0	1	1	5	0		
		D	123	521	215	11	6	3	0	8	0	5273	
			829	1950	797	182	32	241	35	108	4		
			23	146	21	8	1	0	0	9	0		
Sábado	Av. Amapolas	A	152	433	499	20	3	2	0	2	0	3221	13718
			137	275	186	17	3	1	2	20	1		
			360	658	381	35	7	3	0	20	4		
		C	35	102	23	6	3	3	0	10	0	1221	
			184	382	81	27	6	0	0	17	1		
			74	169	72	21	3	0	0	2	0		
		B	58	142	28	16	3	0	0	6	0	5142	
			939	2193	946	208	28	168	12	89	8		
			67	153	39	4	3	1	0	27	4		
		D	94	562	232	16	9	1	0	13	0	4134	
			596	1326	619	155	36	141	24	81	24		
			32	126	22	14	2	3	0	6	0		

- **Variación Horaria**

A continuación, en el **Gráfico 2.4** se muestra la variación horaria del flujo vehicular de los 3 días de muestra en la intersección Av. Amapolas con Av. Algarrobos.



**Gráfico 2.4, Variación Horaria del Flujo Vehicular Estación E-02.**

- **Flujo del horario de máxima demanda vehicular en la E-02**

A lo largo de los 3 días de conteo y clasificación del aforo vehicular se ha determinado las horas puntas por cada turno de trabajo. A continuación, en el **Cuadro 2.18** se muestra la hora punta de cada día y en la **Figura 2.20** se muestra el flujograma con la mayor afluencia en la hora punta detallando los giros, accesos y tipo de vehículo.

**Cuadro 2.17., Horas punta por día de la Estación E-02.**

Día	Hora punta	Total, vehículos/hora
<b>Jueves 25 de mayo</b>	08:00:00-08:59:59	1772
<b>Viernes 26 de mayo</b>	18:00:00-18:59:59	1751
<b>Sábado 27 de mayo</b>	13:00:00-13:59:59	1362



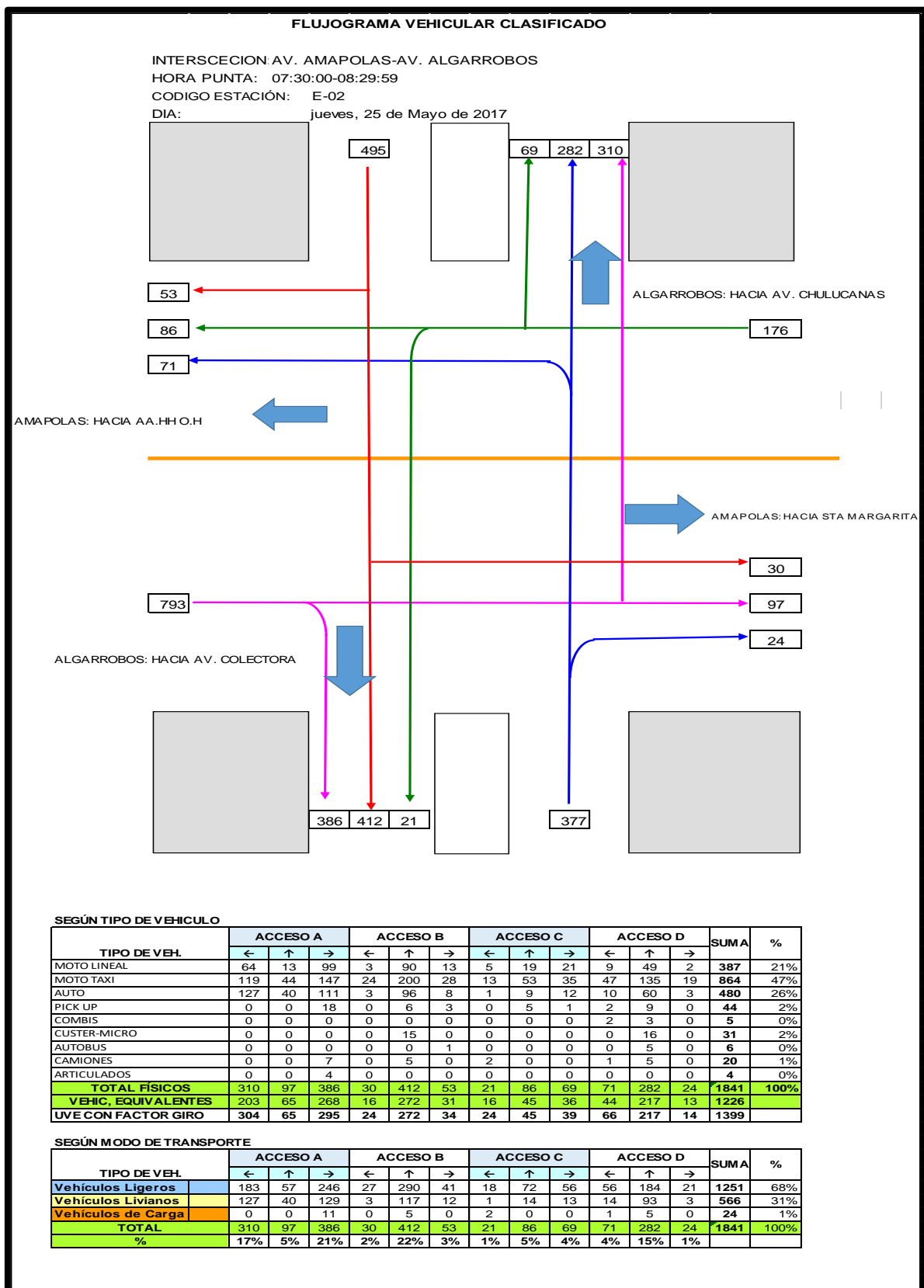


Figura 2.15, Flujoگرامa del Horario de Máxima Demanda Vehicular Estación E-02.

### **Estación E-03: Cruce de la Av. Amapolas con la Av. Principal**

- **Conteo y clasificación vehicular**

En la Estación E-03 ubicada en el cruce la Av. Amapolas con la Av. Principal se realizó el conteo vehicular durante 3 días (del 25 de mayo al 27 de mayo del 2017), obteniéndose sobre la base del aforo: el volumen, vehicular diaria por sentido y la consolidación de ambos sentidos.

A continuación, en el **Gráfico 2.5** se puede apreciar la composición vehicular semanal de la Estación E-03.



**Gráfico 2.5, Composición del conteo vehicular semanal en la E-03.**

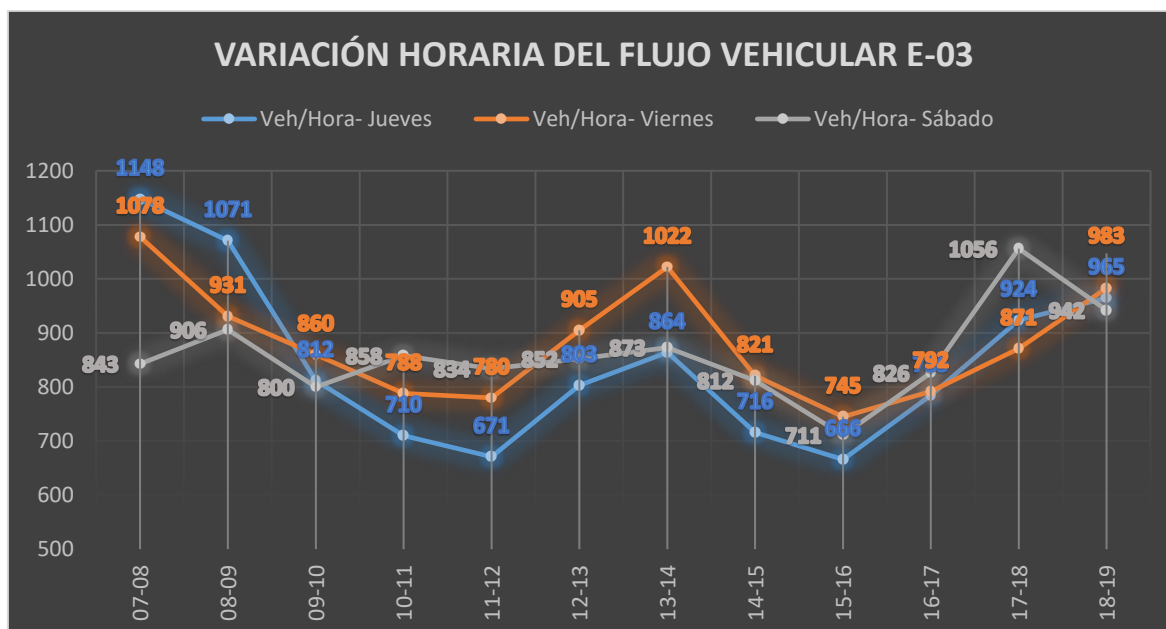
Así mismo, en los siguientes cuadros se pueden apreciar los resultados del conteo vehicular de cada día de los accesos de la intersección.

**Cuadro 2.18, Resultados del conteo vehicular Estación E-03.**

DÍA	AVENIDA	ACCESO	MOTO LINEAL	MOTO TAXI	AUTO	PICK UP	COMBIS	CUSTER-MICRO	AUTOBUS	CAMIONES	ARTICULADOS	SUBTOTAL	TOTAL
Jueves	Av. Amapolas	A	396	795	931	33	20	0	1	13	1	6201	17689
			391	623	400	17	0	1	1	9	2		
			616	1047	791	74	8	3	1	21	6		
		C	396	795	931	33	20	0	1	13	1	1477	
			391	623	400	17	0	1	1	9	2		
			616	1047	791	74	8	3	1	21	6		
		B	35	155	22	14	2	0	1	8	1	5012	
			885	2062	987	163	0	193	6	53	0		
			86	239	61	27	3	0	2	4	3		
		D	80	427	235	19	4	1	0	14	4	4999	
			720	1867	769	183	22	242	32	118	4		
			60	157	28	11	1	0	0	1	0		
Viernes	Av. Amapolas	A	300	708	877	13	1	2	1	6	0	5357	17085
			273	452	335	14	3	3	1	8	0		
			614	967	664	60	14	15	0	25	1		
		C	31	101	36	8	1	0	1	7	1	1216	
			163	381	84	41	7	1	0	7	0		
			75	168	81	12	8	0	0	2	0		
		B	57	172	28	8	1	0	0	2	1	5239	
			934	2180	976	198	20	230	27	98	16		
			63	181	34	6	0	1	1	5	0		
		D	123	521	215	11	6	3	0	8	0	5273	
			829	1950	797	182	32	241	35	108	4		
			23	146	21	8	1	0	0	9	0		
Sábado	Av. Amapolas	A	152	433	499	20	3	2	0	2	0	3221	13718
			137	275	186	17	3	1	2	20	1		
			360	658	381	35	7	3	0	20	4		
		C	35	102	23	6	3	3	0	10	0	1221	
			184	382	81	27	6	0	0	17	1		
			74	169	72	21	3	0	0	2	0		
		B	58	142	28	16	3	0	0	6	0	5142	
			939	2193	946	208	28	168	12	89	8		
			67	153	39	4	3	1	0	27	4		
		D	94	562	232	16	9	1	0	13	0	4134	
			596	1326	619	155	36	141	24	81	24		
			32	126	22	14	2	3	0	6	0		

- **Variación Horaria**

A continuación, en el **Gráfico 2.6** se muestra la variación horaria del flujo vehicular de los 3 días de muestra en la intersección Av. Amapolas con Av. Principal.



**Gráfico 2.6, Variación Horaria del Flujo Vehicular Estación E-03.**

- **Flujo del horario de máxima demanda vehicular en la E-03**

A lo largo de los 3 días de conteo y clasificación del aforo vehicular se ha determinado las horas puntas por cada turno de trabajo. A continuación, en el **Cuadro 2.20** se muestra la hora punta de cada día y en la **Figura 2.20** se muestra el flujograma con la mayor afluencia en la hora punta detallando los giros, accesos y tipo de vehículo.

**Cuadro 2.19, Horas punta por día de la Estación E-03.**

Día	Hora punta	Total, vehículos/hora
<b>Jueves 25 de mayo</b>	07:00:00-07:59:59	1148
<b>Viernes 26 de mayo</b>	07:00:00-07:59:59	1078
<b>Sábado 27 de mayo</b>	17:00:00-17:59:59	1056

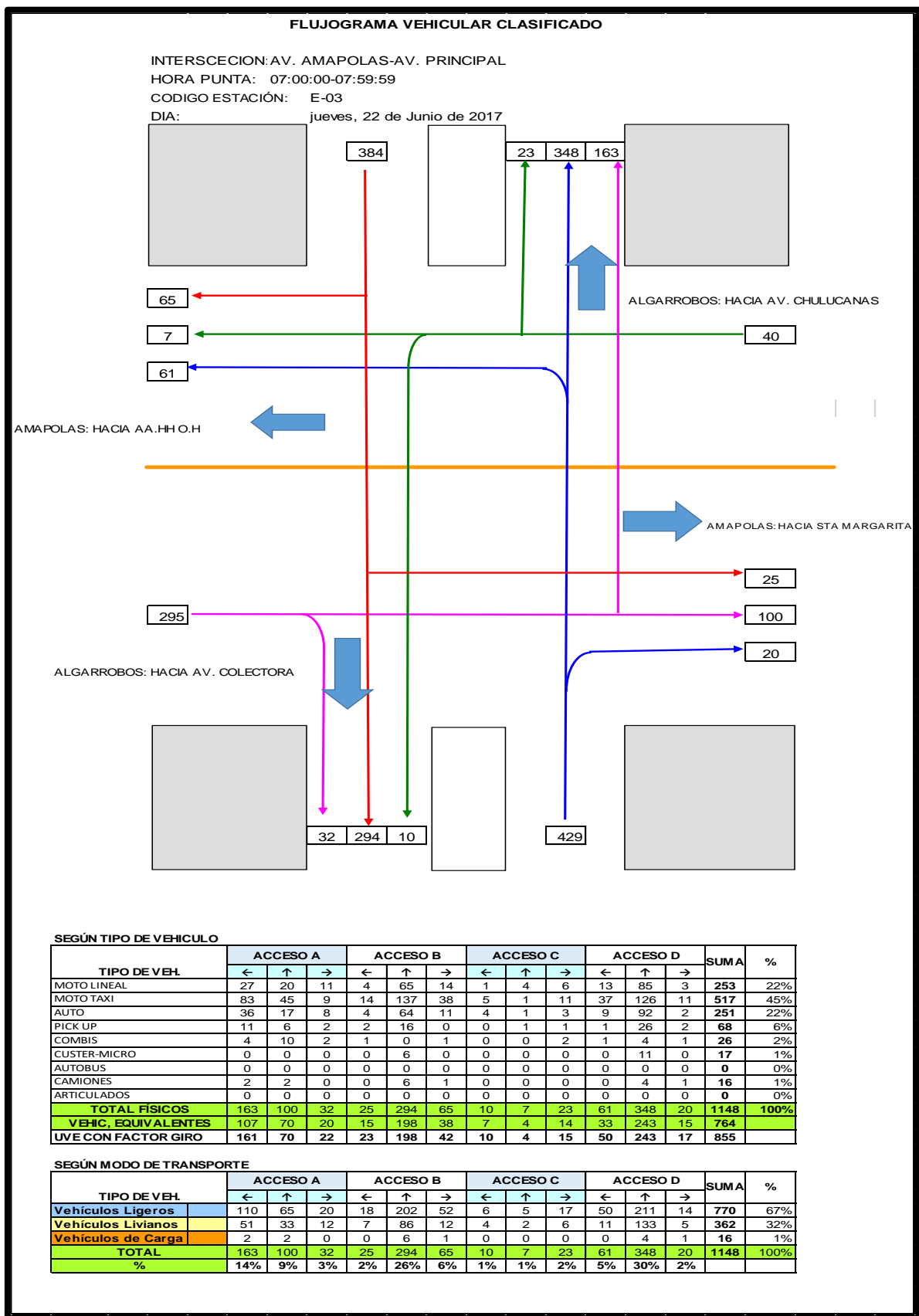


Figura 2.16, Flujograma del Horario de Máxima Demanda Vehicular Estación E-03.

### 2.3.6 Determinación de los Índices Medios Diarios (IMDs) en la Av. Amapolas

Para el cálculo del IMD en cada estación se ha tenido en consideración los flujos de entrada y salida para la Av. Amapolas, así mismo, se ha considerado el tipo de día en el que se realizó el conteo (Días laborables o no laborables).

Se debe precisar, que para las tres estaciones de aforo vehicular se ha considerado lo siguiente:

- Los accesos A y C, son aquellos por los cuales transitan los vehículos por la Av. Amapolas. Así mismo, los vehículos pueden doblar a la izquierda o a la derecha para salir de la avenida objeto del estudio.
- Los accesos B y D, son aquellos por los cuales transitan los vehículos por la avenida perpendicular a la Av. Amapolas (Av. Santisteban, Av. Algarrobos o Av. Principal). Así mismo, los vehículos pueden doblar a la izquierda o a la derecha para ingresar a la avenida objeto del estudio.

#### **Estación E-01: Cruce de la Av. Amapolas con la Av. Aguilar Santisteban**

A continuación, se presenta en el **Cuadro 2.21** el cálculo del Índice Medio Diario de los días laborables de la Intersección entre la Av. Amapolas y la Av. Santisteban. Así mismo, en el **Cuadro 2.22**, se aprecia el cálculo del Índice Medio Diario de los días laborables de la Intersección de solo la Av. Amapolas a la altura de la E-01.

**Cuadro 2.20, IMD días laborables en la Estación E-01.**

TIPO DE VEHÍCULO	IMD															
	ACCESO A			ACCESO B			ACCESO C			ACCESO D			TOTAL, POR SENTIDO			TOTAL GENERAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
AUTO	200	57	75	187	1,159	90	214	41	408	99	1,452	328	700	2,709	901	4,310
PICK UP	10	5	10	8	130	6	11	9	25	4	114	14	33	258	55	346
COMBIS	3	1	1	1	6	2	2	1	8	1	7	4	7	15	15	37
CUSTER-MICRO	0	1	0	0	5	0	1	0	3	0	2	1	1	8	4	13
AUTOBUS	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	1	0	8	1	9
CAMIONES	4	3	3	6	61	5	7	2	11	6	35	5	23	101	24	148
ARTICULADOS	1	1	0	4	0	1	0	1	0	1	0	3	6	2	4	12
TOTAL	218	68	89	206	1,364	104	235	54	455	111	1,615	356	770	3,101	1,004	4,875

**Cuadro 2.21, IMD días laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-01.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	PORCENTAJE
AUTO	802	89.21%
PICK UP	46	5.12%
COMBIS	10	1.11%
CUSTER-MICRO	2	0.22%
AUTOBUS	1	0.11%
CAMIONES	27	3.01%
ARTICULADOS	11	1.22%
<b>TOTAL</b>	<b>899</b>	<b>100.00%</b>

De la misma manera, se presenta en el **Cuadro 2.23** el cálculo del Índice Medio Diario de los días no laborables de la Intersección entre la Av. Amapolas y la Av. Santisteban. Así mismo, en el **Cuadro 2.24**, se aprecia el cálculo del Índice Medio Diario de los días no laborables de la Intersección de solo la Av. Amapolas a la altura de la E-01.

**Cuadro 2.22, IMD días no laborables en la Estación E-01.**

TIPO DE VEHÍCULO	IMD															
	ACCESO A			ACCESO B			ACCESO C			ACCESO D			TOTAL, POR SENTIDO			TOTAL, GENERAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
AUTO	141	44	61	185	1,145	97	204	60	399	54	1,243	320	584	2,492	877	3,953
PICK UP	9	2	7	5	176	5	4	8	19	3	151	11	21	337	42	400
COMBIS	3	0	0	2	46	3	1	1	6	0	51	2	6	98	11	115
CUSTER-MICRO	0	2	1	0	46	0	1	0	2	1	36	0	2	84	3	89
AUTOBUS	0	0	0	1	24	1	0	0	0	0	22	0	1	46	1	48
CAMIONES	13	2	2	3	81	13	9	10	25	2	71	3	27	164	43	234
ARTICULADOS	0	0	1	5	0	0	1	0	0	0	0	4	6	0	5	11
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>50</b>	<b>72</b>	<b>201</b>	<b>1,518</b>	<b>119</b>	<b>220</b>	<b>79</b>	<b>451</b>	<b>60</b>	<b>1,574</b>	<b>340</b>	<b>647</b>	<b>3,221</b>	<b>982</b>	<b>4,850</b>

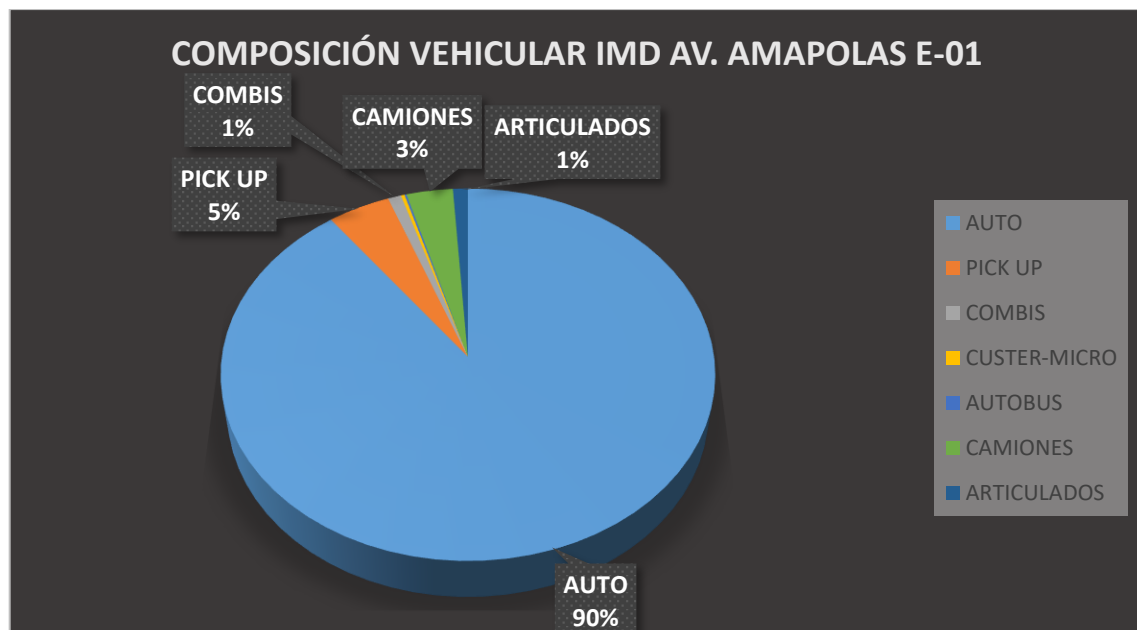
**Cuadro 2.23, IMD días no laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-01.**

TIPO VEHICULO	DIAS NO LABORABLES	PORCENTAJE
AUTO	760	89.52%
PICK UP	34	4.00%
COMBIS	8	0.94%
CUSTER-MICRO	3	0.35%
AUTOBUS	2	0.24%
CAMIONES	33	3.89%
ARTICULADOS	9	1.06%
<b>TOTAL</b>	<b>849</b>	<b>100.00%</b>

A continuación, en el **Cuadro 2.25** se presenta el cálculo del IMD Total ( $IMD_{DL}$  e  $IMD_{DNL}$ ). También, en el **Gráfico 2.7** se aprecia la composición del IMD de la Av. Amapolas a la Altura la Estación E-01.

**Cuadro 2.24, IMD Total Av. Amapolas en la Estación E-01.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	DIAS NO LABORABLES	TOTAL	PORCENTAJE
AUTO	802	760	1,562	89.36%
PICK UP	46	34	80	4.58%
COMBIS	10	8	18	1.03%
CUSTER-MICRO	2	3	5	0.29%
AUTOBUS	1	2	3	0.17%
CAMIONES	27	33	60	3.43%
ARTICULADOS	11	9	20	1.14%
TOTAL	899	849	1748	100.00%



**Gráfico 2.7, Composición Vehicular del IMD Av. Amapolas en la Estación E-01.**



### **Estación E-02: Cruce de la Av. Amapolas con la Av. Algarrobos**

A continuación, se presenta en el **Cuadro 2.26** el cálculo del Índice Medio Diario de los días laborables de la Intersección entre la Av. Amapolas y la Av. Algarrobos. Así mismo, en el **Cuadro 2.27**, se aprecia el cálculo del Índice Medio Diario de los días laborables de la Intersección de solo la Av. Amapolas a la altura de la E-02.

**Cuadro 2.25, IMD días laborables en la Estación E-02.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES															
	ACCESO A			ACCESO B			ACCESO C			ACCESO D			TOTAL, POR SENTIDO			TOTAL, GENERAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
AUTO	1,224	613	1,186	88	1,870	132	75	260	178	403	1,574	83	1,790	4,317	1579	7,686
PICK UP	23	16	67	11	181	17	11	38	19	15	183	10	60	418	113	591
COMBIS	11	2	11	2	10	2	3	8	8	5	27	1	21	47	22	90
CUSTER-MICRO	1	2	9	0	212	1	1	1	1	2	242	0	4	457	11	472
AUTOBUS	1	1	1	1	17	2	1	0	0	0	34	0	3	52	3	58
CAMIONES	10	9	23	5	76	5	8	7	5	11	113	5	34	205	38	277
ARTICULADOS	1	1	4	1	8	2	2	3	2	2	4	0	6	16	8	30
TOTAL	1271	644	1301	108	2374	161	101	317	213	438	2177	98	1918	5512	1774	9204

**Cuadro 2.26, IMD días laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-02.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	PORCENTAJE
AUTO	1,579	89.36%
PICK UP	107	6.06%
COMBIS	20	1.12%
CUSTER-MICRO	6	0.34%
AUTOBUS	4	0.23%
CAMIONES	42	2.38%
ARTICULADOS	9	0.51%
TOTAL	1,767	100.00%

De la misma manera, se presenta en el **Cuadro 2.28** el cálculo del Índice Medio Diario de los días no laborables de la Intersección entre la Av. Amapolas y la Av. Algarrobos. Así mismo, en el **Cuadro 2.29**, se aprecia el cálculo del Índice Medio Diario de los días no laborables de la Intersección de solo la Av. Amapolas a la altura de la E-02.

**Cuadro 2.27, IMD días no laborables en la Estación E-02.**

TIPO DE VEHÍCULO	IMD															
	ACCESO A			ACCESO B			ACCESO C			ACCESO D			TOTAL, POR SENTIDO			TOTAL, GENERAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
AUTO	673	305	672	86	1,864	103	64	245	143	438	1,180	70	1,261	3,594	988	5,843
PICK UP	20	17	35	16	208	4	6	27	21	16	155	14	58	407	74	539
COMBIS	3	3	7	3	28	3	3	6	3	9	36	2	18	73	15	106
CUSTER-MICRO	2	1	3	0	168	1	3	0	0	1	141	3	6	310	7	323
AUTOBUS	0	2	0	0	12	0	0	0	0	0	24	0	0	38	0	38
CAMIONES	2	20	20	6	89	27	10	17	2	13	81	6	31	207	55	293
ARTICULADOS	0	1	4	0	8	4	0	1	0	0	24	0	0	34	8	42
TOTAL	700	349	741	111	2,377	142	86	296	169	477	1,641	95	1,374	4,663	1,147	7,184

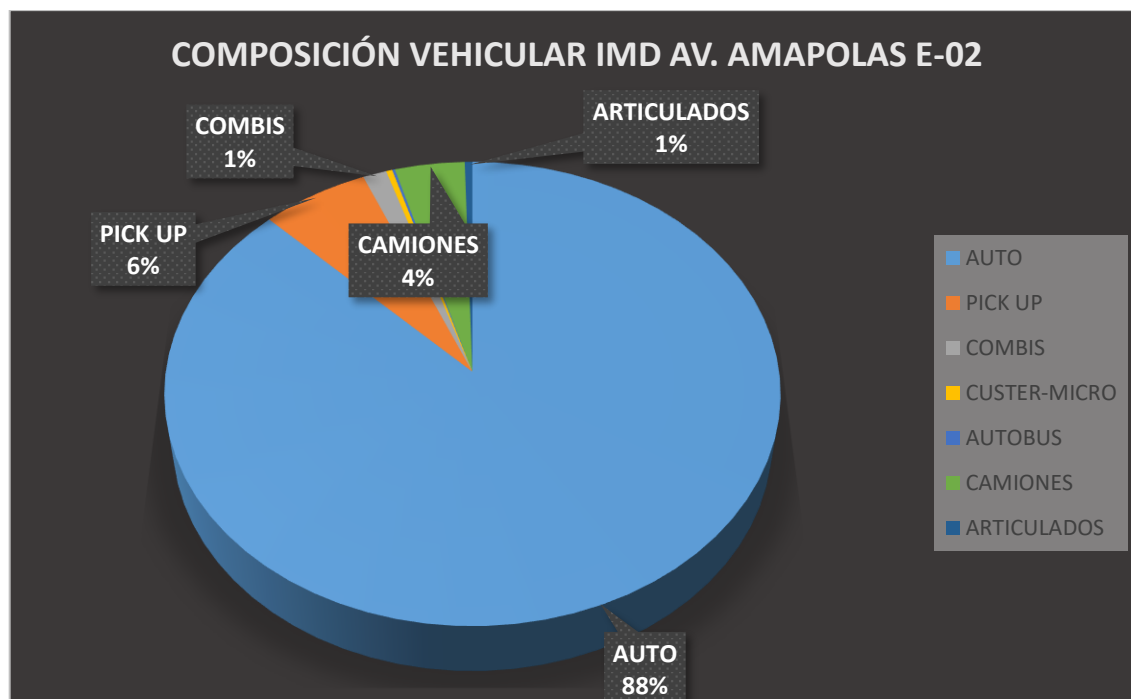
**Cuadro 2.28, IMD días no laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-02.**

TIPO VEHICULO	DIAS NO LABORABLES	PORCENTAJE
<b>AUTO</b>	1,247	89.83%
<b>PICK UP</b>	94	6.39%
<b>COMBIS</b>	26	1.77%
<b>CUSTER-MICRO</b>	6	0.41%
<b>AUTOBUS</b>	2	0.14%
<b>CAMIONES</b>	89	6.05%
<b>ARTICULADOS</b>	6	0.41%
<b>TOTAL</b>	1,470	100.00%

A continuación, en el **Cuadro 2.30** se presenta el cálculo del IMD Total ( $IMD_{DL}$  e  $IMD_{DNL}$ ). También, en el **Gráfico 2.8** se aprecia la composición del IMD de la Av. Amapolas a la Altura la Estación E-02.

**Cuadro 2.29, IMD Total Av. Amapolas en la Estación E-02.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	DIAS NO LABORABLES	TOTAL	PORCENTAJE
<b>AUTO</b>	1,579	1,247	2,826	87.30%
<b>PICK UP</b>	107	94	201	6.21%
<b>COMBIS</b>	20	26	46	1.42%
<b>CUSTER-MICRO</b>	6	6	12	0.37%
<b>AUTOBUS</b>	4	2	6	0.19%
<b>CAMIONES</b>	42	89	131	4.05%
<b>ARTICULADOS</b>	9	6	15	0.46%
<b>TOTAL</b>	1,767	1,470	3,237	100.00%



**Gráfico 2.8, Composición Vehicular del IMD Av. Amapolas en la Estación E-02.**

### **Estación E-03: Cruce de la Av. Amapolas con la Av. Principal**

A continuación, se presenta en el **Cuadro 2.31** el cálculo del Índice Medio Diario de los días laborables de la Intersección entre la Av. Amapolas y la Av. Principal. Así mismo, en el **Cuadro 2.32**, se aprecia el cálculo del Índice Medio Diario de los días laborables de la Intersección de solo la Av. Amapolas a la altura de la E-03.

**Cuadro 2.30, IMD días laborables en la Estación E-03.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES															
	ACCESO A			ACCESO B			ACCESO C			ACCESO D			TOTAL, POR SENTIDO			TOTAL, GENERAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
AUTO	592	304	112	53	1,138	196	14	24	74	179	1,246	12	838	2,712	394	3,944
PICK UP	79	65	14	6	161	18	1	1	7	15	190	5	101	417	44	562
COMBIS	29	21	5	4	55	7	0	3	3	9	52	1	42	131	16	189
CUSTER-MICRO	9	7	6	0	145	2	0	0	0	0	154	0	9	306	8	323
AUTOBUS	2	2	1	0	2	0	0	0	0	0	6	0	2	10	1	13
CAMIONES	28	20	5	2	68	6	1	1	2	5	73	1	36	162	14	212
ARTICULADOS	3	1	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	6	1	2	9
TOTAL	742	420	143	66	1,569	231	16	29	86	210	1,721	19	1,034	3,739	479	5,252

**Cuadro 2.31, IMD días laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-03**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	PORCENTAJE
AUTO	768	78.77%
PICK UP	110	11.28%
COMBIS	45	4.62%
CUSTER-MICRO	9	0.92%
AUTOBUS	2	0.21%
CAMIONES	35	3.59%
ARTICULADOS	6	0.61%
<b>TOTAL</b>	<b>975</b>	<b>100.00%</b>

De la misma manera, se presenta en el **Cuadro 2.33** el cálculo del Índice Medio Diario de los días no laborables de la Intersección entre la Av. Amapolas y la Av. Principal. Así mismo, en el **Cuadro 2.34**, se aprecia el cálculo del Índice Medio Diario de los días no laborables de la Intersección de solo la Av. Amapolas a la altura de la E-03.

**Cuadro 2.32, IMD días no laborables en la Estación E-03.**

TIPO DE VEHÍCULO	IMD															
	ACCESO A			ACCESO B			ACCESO C			ACCESO D			TOTAL, POR SENTIDO			TOTAL, GENERAL
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
AUTO	526	276	84	50	1,207	199	11	22	81	190	1,311	14	777	2,816	378	3,971
PICK UP	87	43	8	4	173	23	2	3	8	9	206	2	102	425	41	568
COMBIS	29	18	3	3	36	9	0	1	8	8	36	0	40	91	20	151
CUSTER-MICRO	14	13	4	0	132	2	0	0	0	1	143	0	15	288	6	309
AUTOBUS	5	2	1	0	8	0	0	0	0	0	4	1	5	14	2	21
CAMIONES	46	14	2	1	40	7	0	0	2	10	57	0	57	111	11	179
ARTICULADOS	6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	7	0	2	9
<b>TOTAL</b>	<b>713</b>	<b>366</b>	<b>103</b>	<b>58</b>	<b>1,596</b>	<b>241</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>99</b>	<b>219</b>	<b>1,757</b>	<b>17</b>	<b>1,003</b>	<b>3,745</b>	<b>460</b>	<b>5,208</b>

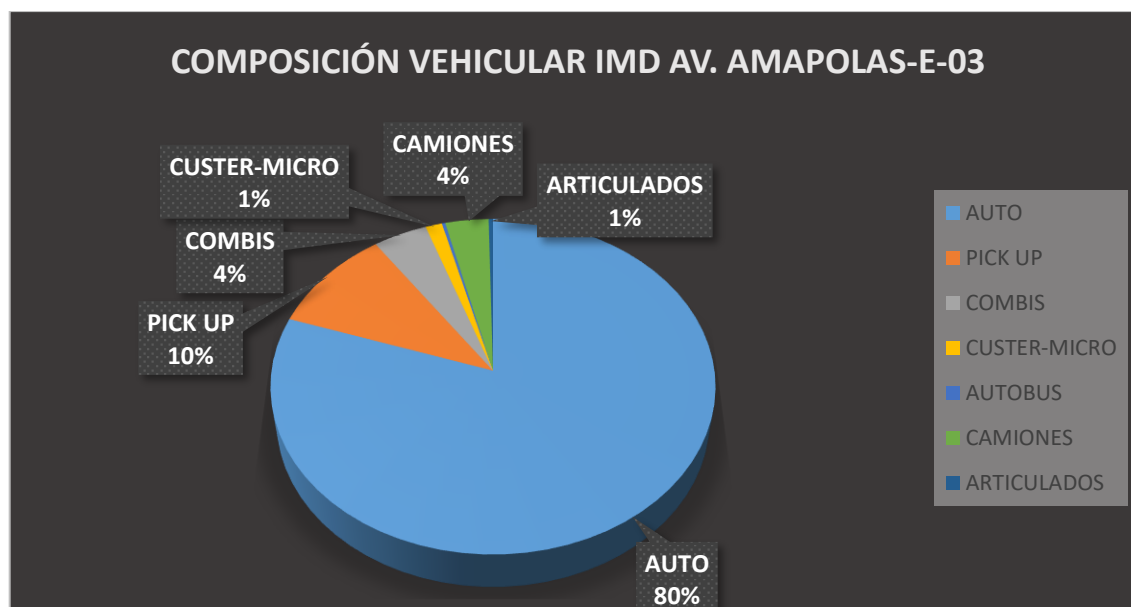
**Cuadro 2.33, IMD días no laborables de la Av. Amapolas en la Estación E-03.**

TIPO VEHICULO	DIAS NO LABORABLES	PORCENTAJE
AUTO	751	81.01%
PICK UP	84	9.06%
COMBIS	39	4.21%
CUSTER-MICRO	16	1.73%
AUTOBUS	3	0.32%
CAMIONES	32	3.45%
ARTICULADOS	2	0.22%
<b>TOTAL</b>	<b>927</b>	<b>100.00%</b>

A continuación, en el **Cuadro 2.35** se presenta el cálculo del IMD Total ( $IMD_{DL}$  e  $IMD_{DNL}$ ). También, en el **Gráfico 2.9** se aprecia la composición del IMD de la Av. Amapolas a la Altura la Estación E-03.

**Cuadro 2.34, IMD Total Av. Amapolas en la Estación E-03.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	DIAS NO LABORABLES	TOTAL	PORCENTAJE
AUTO	768	751	1,519	79.86%
PICK UP	110	84	194	10.21%
COMBIS	45	39	84	4.42%
CUSTER-MICRO	9	16	25	1.31%
AUTOBUS	2	3	5	0.26%
CAMIONES	35	32	67	3.52%
ARTICULADOS	6	2	8	0.42%
<b>TOTAL</b>	<b>975</b>	<b>927</b>	<b>1,902</b>	<b>100.00%</b>



**Gráfico 2.9, Composición Vehicular del IMD Av. Amapolas en la Estación E-03.**

### 2.3.7 Estimación del IMD 24 horas

Teniendo en cuenta que el estudio de conteo vehicular se ha realizado solo por 12 horas en cada día y teniendo como base estudios de tráfico realizados en vías urbanas del distrito de Piura, se asume una proyección del 30% más para la estimación del IMD de 24 horas. A continuación, en los **Cuadros 2.36, 2.37 y 2.38** se muestra la estimación del IMD para la Av. Amapolas.

**Cuadro 2.35, Estimación IMD (24h) Av. Amapolas - Av. Santisteban.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	DIAS NO LABORABLES	TOTAL	PORCENTAJE
AUTO	1,043	988	2,031	89.35%
PICK UP	60	44	104	4.58%
COMBIS	13	10	23	1.01%
CUSTER-MICRO	3	4	7	0.31%
AUTOBUS	1	3	4	0.18%
CAMIONES	35	43	78	3.43%
ARTICULADOS	14	12	26	1.14%
TOTAL	1,169	1,104	2,273	100.00%

**Cuadro 2.36, Estimación IMD (24h) Av. Amapolas - Av. Algarrobos.**

TIPO VEHICULO	DIAS LABORABLES	DIAS NO LABORABLES	TOTAL	PORCENTAJE
AUTO	2,053	1,621	3,674	87.26%
PICK UP	139	122	261	6.20%
COMBIS	26	34	60	1.43%
CUSTER-MICRO	8	8	16	0.38%
AUTOBUS	5	3	8	0.19%
CAMIONES	55	116	171	4.06%
ARTICULADOS	12	8	20	0.48%
TOTAL	2,298	1,912	4,210	100.00%

**Cuadro 2.37, Estimación IMD (24h) Av. Amapolas - Av. Principal.**

<b>TIPO VEHICULO</b>	<b>DÍAS LABORABLES</b>	<b>DÍAS NO LABORABLES</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>AUTO</b>	998	976	1,974	79.78%
<b>PICK UP</b>	143	109	252	10.18%
<b>COMBIS</b>	59	51	110	4.44%
<b>CUSTER-MICRO</b>	12	21	33	1.32%
<b>AUTOBUS</b>	3	4	7	0.28%
<b>CAMIONES</b>	46	42	88	3.56%
<b>ARTICULADOS</b>	8	3	11	0.44%
<b>TOTAL</b>	<b>1,269</b>	<b>1,205</b>	<b>2,474</b>	<b>100.00%</b>

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS**

Nuestro país cuenta desde hace años con Manuales y Normas para diseño de carreteras, las que atienden los requerimientos del diseño geométrico respectivo. Sin embargo, no se encuentra normatividad nacional aplicable a vías urbanas por lo que los proyectistas peruanos han venido empleando, referencialmente, normatividad desarrollada para otros países y eventualmente estipulaciones previstas para el diseño de carreteras. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.1/1)

Pero empleando el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI, abordaremos el diseño geométrico urbano.

#### **3.1. Clasificación del Sistema Vial Urbano**

Es necesario especializar las vías, destinando cada una de ellas a una función específica y acomodándola a cumplir lo mejor posible su función. Esta especialización se justifica fundamentalmente desde tres puntos de vista. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

En primer lugar, por un criterio de capacidad y nivel de servicio. A medida que las dimensiones de la ciudad aumentan, los desplazamientos urbanos son de mayor longitud y el tiempo empleado en el transporte tiene una trascendencia más importante. Conseguir velocidades relativamente altas, puede ahorrar muchas horas al año y eso sólo se logra si las calles se proyectan de forma adecuada. Al estudiar la capacidad, se comprueba cómo el estacionamiento en la calle y los accesos demasiados próximos la disminuyen considerablemente. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

En segundo lugar, por un criterio de seguridad, ya que la confusión que se produce en la calle cuando la intensidad de tráfico es importante y parte de los vehículos circulan de



prisa, hace que aumente rápidamente el índice de accidentes. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

Y, por último, por un criterio funcional, tanto desde el punto de vista de las vías principales, que en todos sus aspectos han de proyectarse con este criterio, como de las vías locales, en las que hay que evitar en lo posible un tráfico intenso y rápido que perturba considerablemente la vida urbana. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

Dentro de un criterio amplio de planeación, la red vial, tanto rural como urbana, se debe clasificar de tal manera que se puedan fijar funciones específicas a las diferentes vías y calles, para así atender las necesidades de movilidad de personas y mercancías, de una manera rápida, confortable y segura, y a las necesidades de accesibilidad a las distintas propiedades o usos del área colindante. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

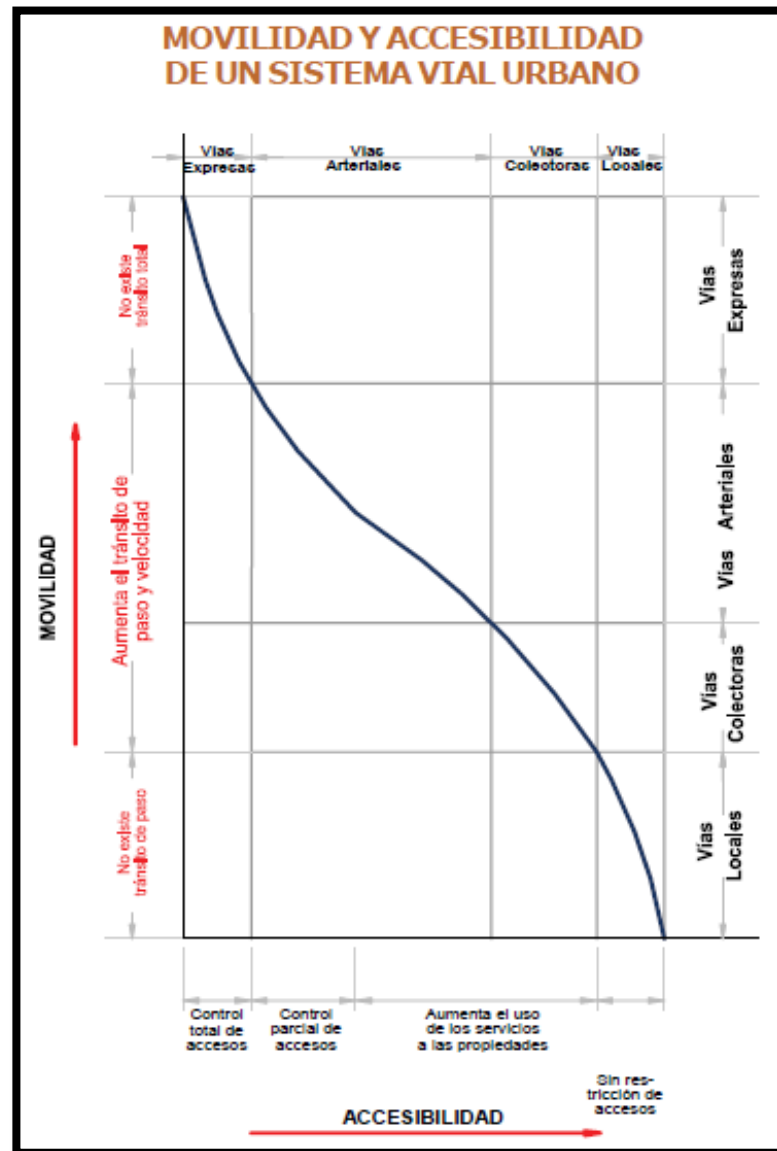
Para facilitar la movilidad es necesario disponer de vías y calles rápidas, y para tener acceso es indispensable contar con vías y calles lentas. Naturalmente entre estos dos extremos aparece todo el sistema de vías. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

En el **Grafico 3.1** se presenta en forma gráfica los grados de movilidad y acceso de un sistema vial. En un extremo, las vías principales son de accesos controlados destinados a proveer alta movilidad y poco o nulo acceso a la propiedad lateral, mientras que, en el otro extremo, las vías locales son de accesos no controlados que proveen fácil acceso a la propiedad lateral, pero raramente las utiliza el tránsito de paso. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/1)

El sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías; habiéndose considerado los siguientes criterios:

- Funcionamiento de la red vial.
- Tipo de tráfico que soporta.
- Uso del suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales).

- Espaciamiento (considerando a la red vial en su conjunto).
- Nivel de servicio y desempeño operacional.
- Características físicas.
- Compatibilidad con sistemas de clasificación vigentes.



**Gráfico 3.1, Grados de Movilidad y Acceso de un Sistema Vial.**

La clasificación de una vía, implica de por sí el establecimiento de parámetros relevantes para el diseño como son:

- Velocidad de diseño.
- Características básicas del flujo que transitara por ellas.
- Control de accesos y relaciones con otras vías.

- Número de carriles.
- Servicio a la propiedad adyacente.
- Compatibilidad con el transporte público.
- Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías.

### **3.1.1 Vías Expresas**

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez alta. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad. Eventualmente, el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en carriles segregados con paraderos en los intercambios. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones. Consideraciones: (“Norma CE.010 Pavimentos Urbanos”, 2016, p.45)

#### **Función**

- Establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí).
- Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad.
- Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.
- Facilitan una movilidad óptima para el tráfico directo. El acceso a las propiedades adyacentes debe realizarse mediante pistas de servicio laterales.
- En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones.
- Este tipo de vías también han sido llamadas “autopistas”.

#### **Características del Flujo**

- En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino solamente a diferentes niveles en intercambios especialmente diseñados.

### **Tipos de Vehículo**

- Las vías expresas suelen transportar vehículos pesados, cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente.
- Para el transporte público de pasajeros se permite el servicio de buses, preferentemente en carriles segregados y el empleo de paraderos debidamente diseñados en los intercambios.

### **Conexiones**

- Las vías expresas están directamente conectadas entre sí con vías arteriales. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el área central de la ciudad, a través de vías auxiliares.

### **Espaciamiento**

- El espaciamiento deseable entre los corredores de vías expresas, varía entre 4 y 10 Km, siendo adoptado el primero para el área central y el segundo en áreas de expansión urbana, y es condicionado por zonas generadoras de tráfico, por la topografía y por todos los factores de uso del suelo.

#### **3.1.2 Vías Arteriales**

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usan para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios. Consideraciones: (“Norma CE.010 Pavimentos Urbanos”, 2016, p.46)

### **Función**

- Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante.
- Estas vías deben permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.

- El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.
- El término Vía Arterial no equivale al de Avenida; sin embargo, muchas vías arteriales han recibido genéricamente la denominación de tales.

### **Características del Flujo**

- En estas vías deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo.
- Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones.
- Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo.
- En las intersecciones pueden diseñarse carriles adicionales para volteos con el fin de aumentar su capacidad.
- Se recomienda que estas vías cuenten con pistas de servicio laterales para el acceso a las propiedades.

### **Tipos de Vehículo**

- Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros se permite el servicio con un tratamiento especial en vías exclusivas o carriles segregados y con paraderos e intercambios debidamente diseñados.

### **Conexiones**

- Las vías arteriales se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras, no siendo conveniente que se encuentren conectadas a vías locales residenciales.

### **Espaciamiento**

- De una manera general, las vías arteriales en la fase de planeamiento, deberán estar separadas a 2.0 Km una de otra.

### **3.1.3 Vías Colectoras**

Son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos se realiza en áreas adyacentes, destinadas especialmente a este objetivo. Se usan para todo tipo de vehículo. Consideraciones: (“Norma CE.010 Pavimentos Urbanos”, 2016, p.46)

#### **Función**

- Sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.
- Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipales, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades.
- Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, Vía Parque, e inclusive Avenida.

#### **Características del Flujo**

- El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y, con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales.
- El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto.
- Reciben soluciones especiales para los cruces peatonales, donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.

#### **Tipos de Vehículo**

- Las vías colectoras son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones.

Para el sistema de buses se podrá diseñar paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.

### **Conexiones**

- Las vías colectoras se conectan con las arterias y con las locales, siendo su proporción siempre mayor con las vías locales que con las vías arteriales.

### **Espaciamiento**

- De una manera general, las vías colectoras deberán estar separadas a 800 metros una de otra, en la fase de planeamiento.

#### **3.1.4 Vías Locales**

Son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas. Consideraciones: (“Norma CE.010 Pavimentos Urbanos”, 2016, p.46)

Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/5)

### **Facilidades para Servicios Utilitarios**

Los servicios utilitarios de agua, desagüe, teléfono, luz y otros también necesitan de la vía urbana para permitir su distribución, estando el dimensionamiento de la infraestructura de servicios directamente relacionado al índice de concentración de las viviendas e inmuebles. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/6)

Se recomienda que la infraestructura mencionada se emplace en las zonas de veredas y bermas centrales y laterales, las que se dimensionaran para cumplir dicha función. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.2/6)

En el siguiente cuadro se presenta resumidamente las categorías principales y los parámetros de diseño antes mencionados:

**Cuadro 3.1, Parámetros de Diseño vinculados a la Clasificación de Vías Urbanas.**

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
<b>Velocidad de Diseño</b>	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
<b>Características del flujo</b>	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclo vías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es ininterrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclo vías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
<b>Control de Accesos y Relación con otras vías</b>	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existan volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable.	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
<b>Número de carriles</b>	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
<b>Servicio a propiedades adyacentes</b>	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
<b>Servicio de Transporte público</b>	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se desarrolla generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
<b>Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías</b>	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.



### 3.2. Volúmenes de Tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado.

Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Período determinado (unidades de tiempo)

#### **Volúmenes de Tránsito Absoluto o Totales.**

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- **Tránsito anual (TA).** Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso,  $T = 1$  año.
- **Tránsito mensual (TM).** Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso,  $T = 1$  mes.
- **Tránsito semanal (TS).** Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso,  $T = 1$  semana.
- **Tránsito diario (TD).** Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso,  $T = 1$  día.
- **Tránsito horario (TH).** Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso,  $T = 1$  hora.
- **Tasa de flujo o flujo (q).** Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. En este caso,  $T < 1$  hora.

En todos los casos anteriores, los períodos especificados, un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora, no necesariamente son de orden cronológico. Por

lo tanto, pueden ser 365 días seguidos, 30 días seguidos, 7 días seguidos, 24 horas seguidos, 60 minutos seguidos y período en minutos seguidos inferiores a una hora.

### **Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios.**

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. De acuerdo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día:

- **Tránsito promedio diario anual (TPDA).** Este parámetro conocido como Índice Medio Anual o IMDA.

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

- **Tránsito promedio diario mensual (TPDM).**

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

- **Tránsito promedio diario semanal (TPDS).**

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/2)

## **3.3. Capacidad Vial y Niveles de Servicio**

Un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia (cuantitativo) y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios(demanda). Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/21)

### **3.3.1 Capacidad Vial**

Teóricamente la capacidad ( $q_{\text{máx}}$ ) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura

vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/21)

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/21)

### 3.3.2 Niveles de Servicio

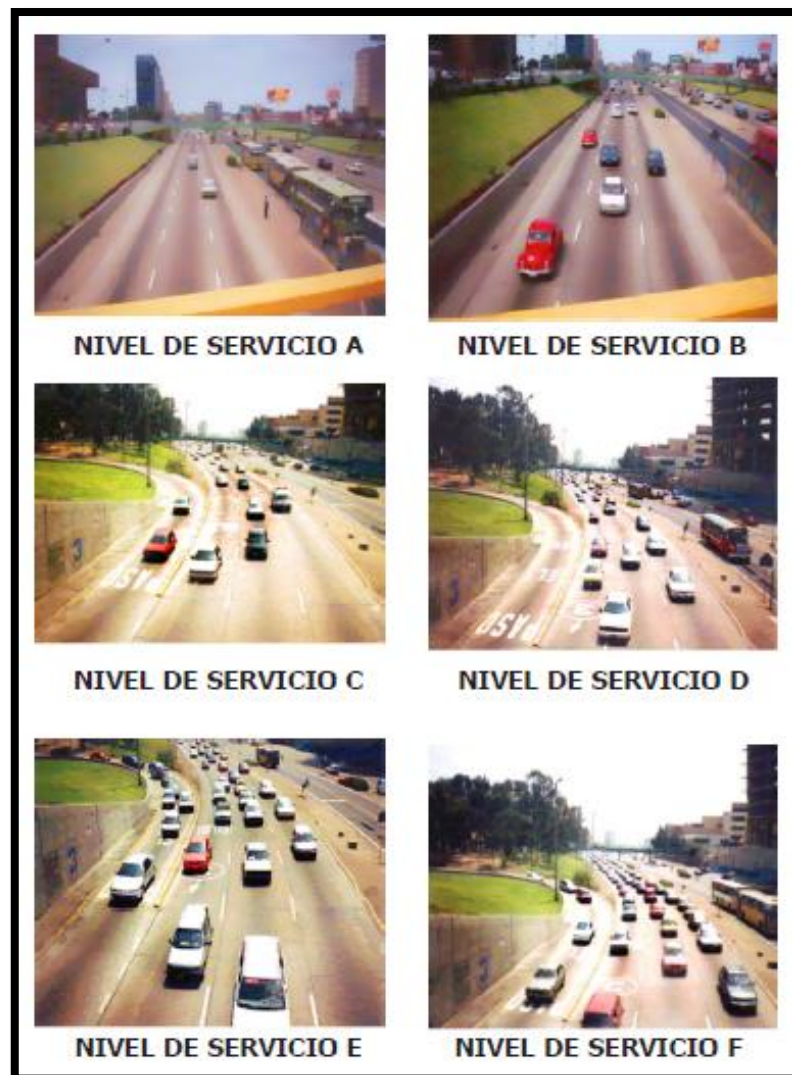


Figura 3.1, Niveles de Servicio.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/21)

### **Niveles de Servicio “A”**

- Representa una circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)
- En las vías colectoras la velocidad está controlada por la onda de progresión. Hasta un índice de servicio de ( $i/c = 0.60$ ), la velocidad media puede ser de 45 a 50 km/hora, el índice de congestión IC de las intersecciones es prácticamente nulo y el factor de hora punta típico suele estar alrededor de 0.70, aunque esto último no tiene por qué ser siempre así. Estas condiciones representan el nivel A, donde el nivel del servicio puede llegar a 20 por 100 de la capacidad máxima, es decir unos 400 veh/hora por carril. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)

### **Niveles de Servicio “B”**

- Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)
- El nivel B para las vías colectoras, corresponde a un índice  $i/c$  de 0.45 y a una velocidad superior a 40 km/hora. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)

### **Niveles de Servicio “C”**

- Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el conocimiento del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)
- En las vías colectoras, cuando el índice i/c se encuentra entre 0.70 y 0.80, las condiciones de circulación corresponden al nivel C, con velocidad media no inferior a 35 km/hora. El índice de congestión de la mayor parte de las intersecciones es del orden de 0.30, siendo ya normal que bastantes vehículos tarden más de un ciclo en cruzar una intersección. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)

### **Niveles de Servicio “D”**

- Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)
- El índice de servicio i/c no debe pasar de 0.90 (aplicando el factor de hora punta). En condiciones ideales, en una calzada de cualquier número de carriles en sentido único, la intensidad horaria corregida por el factor de hora punta no puede ser mayor de 1,800 veh/hora por carril, para las vías expresas. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.4/23)

### **Niveles de Servicio “E”**

- La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente



### 3.4. Vehículo de Diseño

Los vehículos que circulan por las vías urbanas, están destinados a distintos usos en función de su peso, potencia, dimensiones y maniobrabilidad, que, en todo caso, condicionan las características del diseño geométrico y resistencia del pavimento. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.5/1)

**Cuadro 3.2, Clasificación Vehicular.**

Vehículos por tracción de sangre (1)		Vehículos impulsados por tracción animal	Aquellos cuya propulsión proviene de bestias de tiro
		Bicicletas o similares	Aquellos cuya propulsión proviene del ser humano tales como bicicletas, triciclos, patines, carros de mano y carretillas.
Vehículos automotores (1)	Menores (2)	Vehículos Menores Automotores	Vehículo provisto de dos, tres o cuatro ruedas, provistos de asiento y/o montura para el uso de conductor y pasajeros según sea el caso, tales como: bicimotos, motonetas, motocicletas, triciclos motorizados, cuatrimotos y similares
	Mayores (2)	Furgoneta	Vehículo automotor para el transporte de carga liviana, con 3 ó 4 ruedas, con motor de no más de 500 centímetros cúbicos de cilindrada.
		Automóvil	Vehículo automotor para el transporte de personas, normalmente hasta de 6 asientos y excepcionalmente hasta 9 asientos.
		Station Wagon	Vehículo automotor derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores permite ser utilizado para el transporte de carga.
		Camioneta Pick Up	Vehículo automotor de cabina simple o doble, con caja posterior, destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Camioneta Panel	Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana, con un peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Camioneta Rural	Vehículo automotor para el transporte de personas de hasta 16 asientos y cuyo peso bruto vehicular que no excede los 4,000 Kg.
		Omnibus	Vehículo automotor para el transporte de personas de más de 16 asientos, y cuyo peso bruto vehicular excede los 4,000 Kg.
		Camión	Vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4,000 Kg. Puede incluir una carrocería portante.
		Remolcador o Tracto Camión	Vehículo motorizado diseñado para remolcar semiremolques y soportar la carga que le transmiten estos a través de la quinta rueda.
		Remolque	Vehículo sin motor diseñado para ser halado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descansa sobre el vehículo remolcador.
	Semiremolque	Vehículo sin motor y sin eje delantero, que se apoya en el remolcador transmitiéndole parte de su peso, mediante un sistema mecánico denominado tomamesa o quinta rueda.	
Vehículos Especiales (3)		Aquellos que pueden afectar sensiblemente al tráfico a causa de sus grandes dimensiones, de su lentitud de movimiento, o de ambas cosas a la vez. Se incluyen los tractores agrícolas con o sin remolque, los vehículos gigantes de transporte y la maquinaria de construcción, entre otros.	

NOTAS  
 (1) Ver art. 5 del Reglamento Nacional de Vehículos  
 (2) Ver art. 6 del Reglamento Nacional de Vehículos  
 (3) No previstos en el Reglamento Nacional de Vehículos

### **3.5. Velocidad de Diseño**

Es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación. Todos aquellos elementos geométricos del alineamiento horizontal, vertical y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, sobre elevaciones, anchos de carriles y acotamientos, anchuras y alturas libres, etc., dependen de la velocidad de proyectos y varían con un cambio de ésta. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.6/10)

Las velocidades de proyecto fluctúan entre 30 y 110 km/h o más dependiendo del tipo de vía seleccionada. La velocidad de diseño de cada tramo en particular será aquella que satisfaga las estipulaciones de diseño tales como radios mínimos, ancho de carriles, visibilidad, entre otras. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.6/10)

Para las vías expresas bastan generalmente velocidades específicas de 80 km/hora, y para arterias principales, 60 km/hora. Para vías colectoras son admisibles velocidades específicas hasta de 40 km/hora y para las locales de 30 a 40 km/hora. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.6/10)

Debe tenerse en cuenta que la velocidad de proyecto en condiciones de pavimento mojado puede suponerse que es aproximadamente un 20% menor que cuando es pavimento está seco, y está comprobado que incluso los vehículos más rápidos reducen su velocidad sensiblemente cuando las condiciones del pavimento son adversas. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.6/10)

### **3.6. Características Geométricas en Secciones Transversales**

El diseño de la sección transversal implica a su vez el diseño de diversos elementos en un proceso que se encuentra notablemente influido por condiciones de la demanda; por la capacidad vial que es factible ofrecer; por estipulaciones de índole reglamentario (Reglamento Nacional de Construcciones, Ordenanzas Municipales, etc.) y por limitaciones en el derecho de vía, entre otras. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/1)



### 3.6.1 Número de Carriles / Ancho de Calzadas

La determinación del número de carriles y consecuentemente del ancho de la calzada, en un principio, se define en los estudios de planificación de la red vial y de transporte urbano. El número mínimo de carriles en una calzada con sentido único es lógicamente uno y el máximo sugerido es cuatro. Este máximo es en realidad un criterio estrictamente referencial ya que en caso de que la demanda sugiera un mayor número de carriles puede convenir establecer dos calzadas por sentido. La primera de ellas, probablemente ubicada más hacia el centro de la vía y destinada a los vehículos con un recorrido más largo, y la otra operaría como vía local. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/1)

Es común enfrentar situaciones especiales a nivel físico, institucional u operacional, en que la sección transversal o derecho de vía no permite que se tenga el ancho de las calzadas compatible con la capacidad requerida, obligando a estudiar alternativas o soluciones de reducción de número de carriles o de ancho de calzadas. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/1)

### 3.6.2 Ancho de Carriles

Es frecuente que el proyectista asuma los valores que considere adecuados, pero estos deben sustentarse en la velocidad de diseño que viene siendo empleada.

**Cuadro 3.3, Ancho de Carriles.**

CLASIFICACION DE VIAS		Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable (Mts)	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (Mts)	Ancho de dos carriles juntos (mts) (5)
	LOCAL	30 A 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	COLECTORA	40 A 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
ARTERIAL		50 A 60	3.30	3.25	3.50	6.75
		60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
	70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.0	
EXPRESAS		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
		90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable

### 3.6.3 Bombeo y Peralte (Pendiente Transversal)

#### Bombeo

- Tiene por finalidad facilitar el drenaje superficial.
- Puede ser constante en todo el ancho o presentar discontinuidad en el eje de simetría para que el drenaje se produzca hacia ambos bordes.

**Cuadro 3.4, Bombeo de la Calzada.**

<b>Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)</b> 2.75	<b>Bombeo %</b>	
	<b>Precipitación &lt; 500 mm/año</b>	<b>Precipitación &gt; 500 mm/año</b>
Pavimento superior	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5 (1)	2.5 – 3.0
Afirmado	3.0 – 3.5 (1)	3.0 – 4.9

(1) En climas definitivamente desérticos se puede rebajar los bombeos hasta un mínimo de 1.0 % para pavimentos superiores y 2% para el resto

#### Peralte

- La norma vigente para diseño de carreteras peruanas, se ha establecido como peralte máximo el 6% para las vías expresas y arteriales y el 4% para las vías locales y colectoras.

### 3.6.4 Separadores o Bermas Centrales

Son superficies generalmente elevadas, delimitadas usualmente por sardineles, alargadas en sentido paralelo a las calzadas y que tienen por objeto principal separar físicamente dos corrientes de tráfico, incrementando la seguridad y creando espacios para los giros vehiculares y refugio a los peatones. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/4)

Los separadores pueden ser planteados también como reservas de espacio para futuras ampliaciones, y permiten la creación de pistas de desaceleración y espera, empleando parte de su ancho normal. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/4)

### 3.6.5 Sardineles

Tienen el propósito de limitar el espacio de circulación, para que los vehículos circulen solamente en las calzadas, con confort y seguridad y que los peatones se sientan protegidos en las veredas, bermas centrales o islas de canalización, realzando altimétricamente estas últimas áreas. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/5)

A efectos de dimensionar los sardineles deberá tenerse en cuenta que los elementos emplazados próximos al borde de la calzada, y en particular los sardineles, cuando tienen alturas superiores a 15 cm., producen un cierto efecto de estrechez y consecuentemente la capacidad efectiva se ve reducida. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.10/5)

### 3.6.6 Secciones Transversales Típicas

#### Vías Expresas

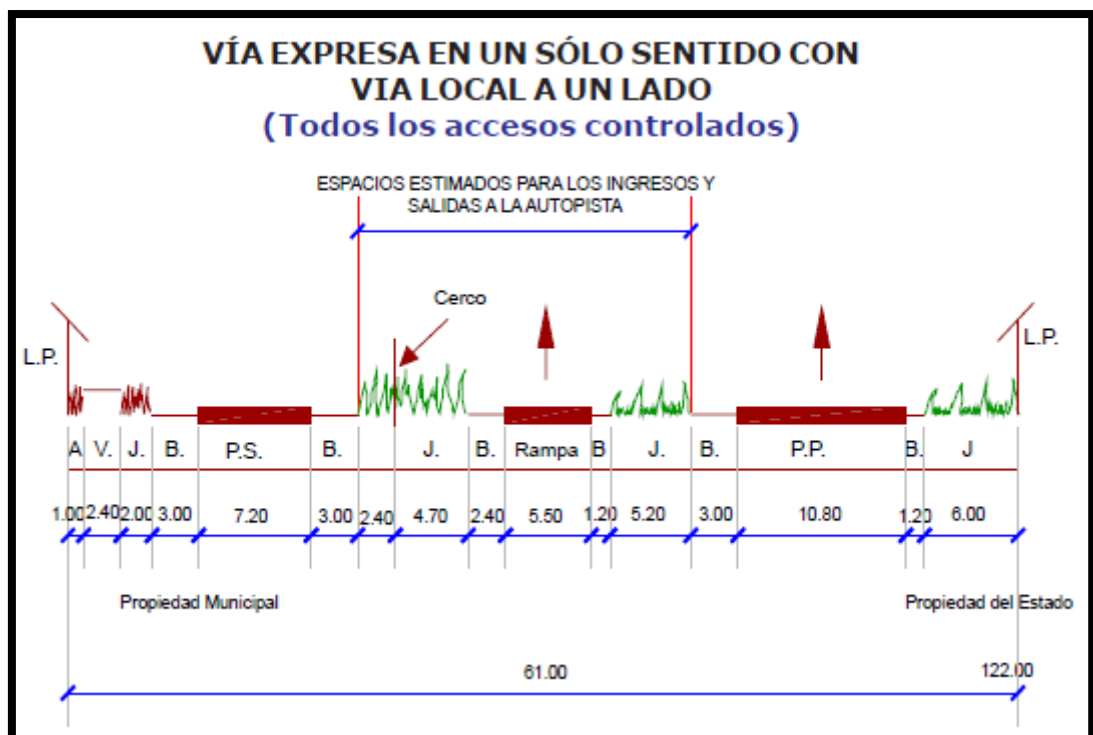


Figura 3.2, Vía Expresa en un solo sentido con Vía Local a un lado.

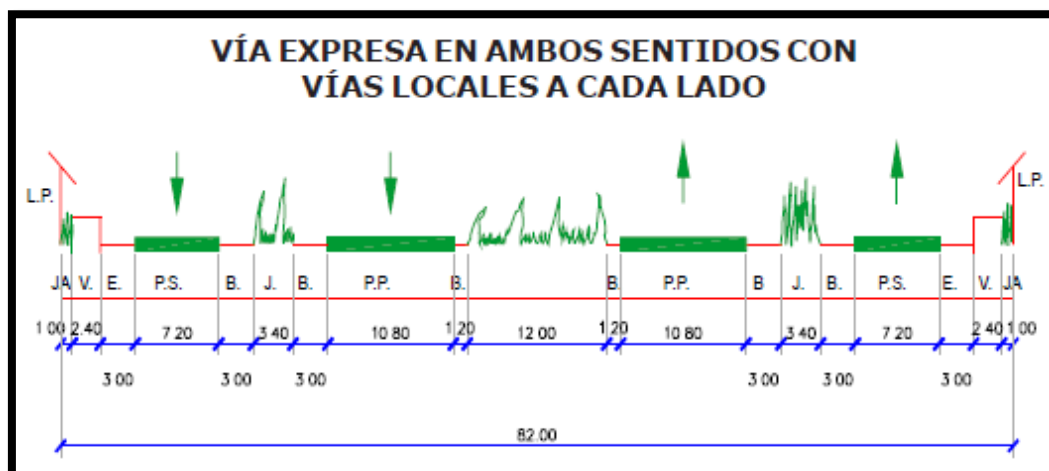


Figura 3.3, Vía Expresa en un solo sentido con Vías Locales a un lado.

### Vías Arteriales

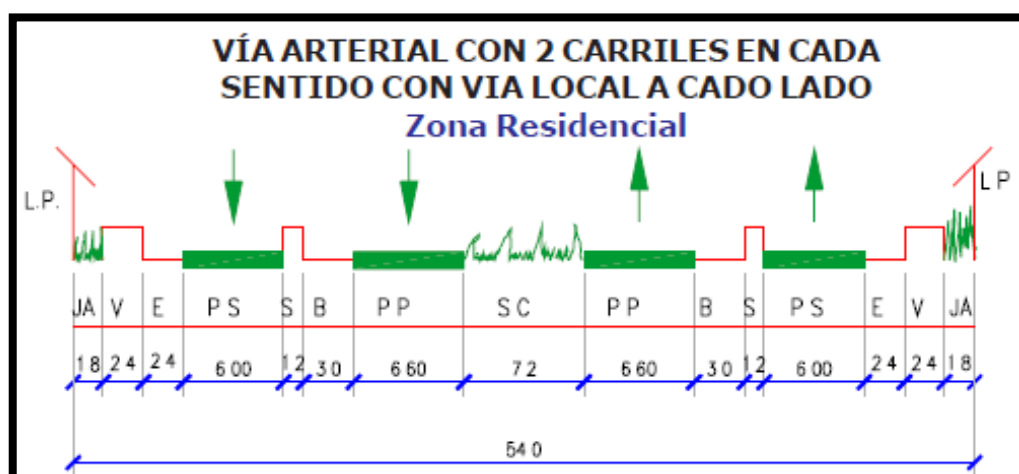
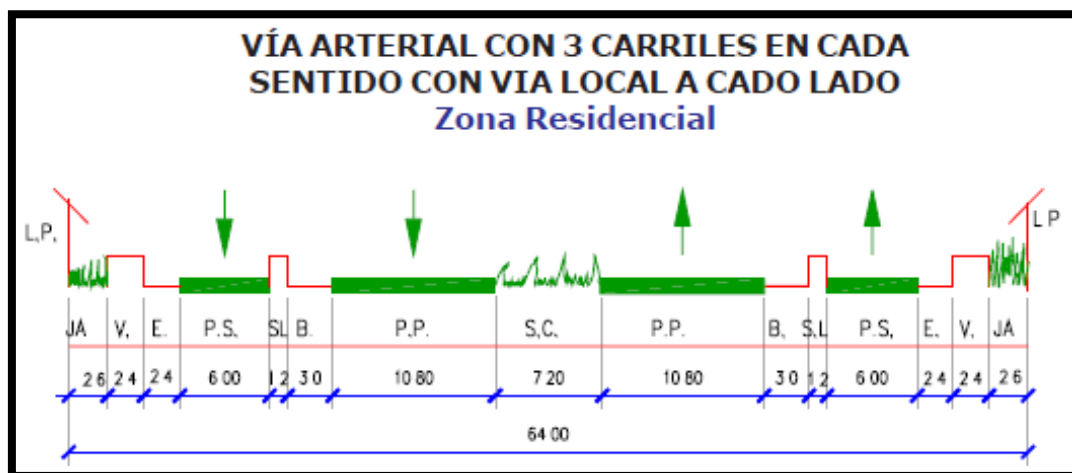
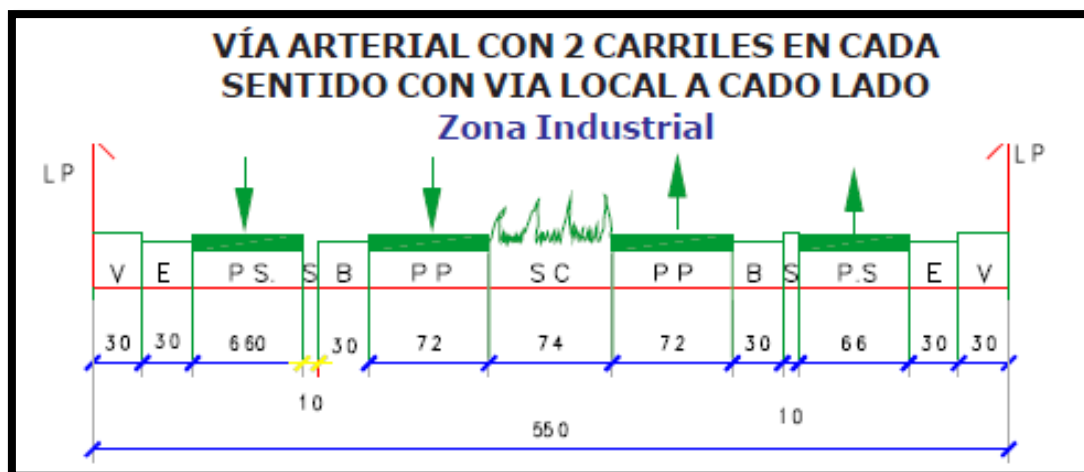


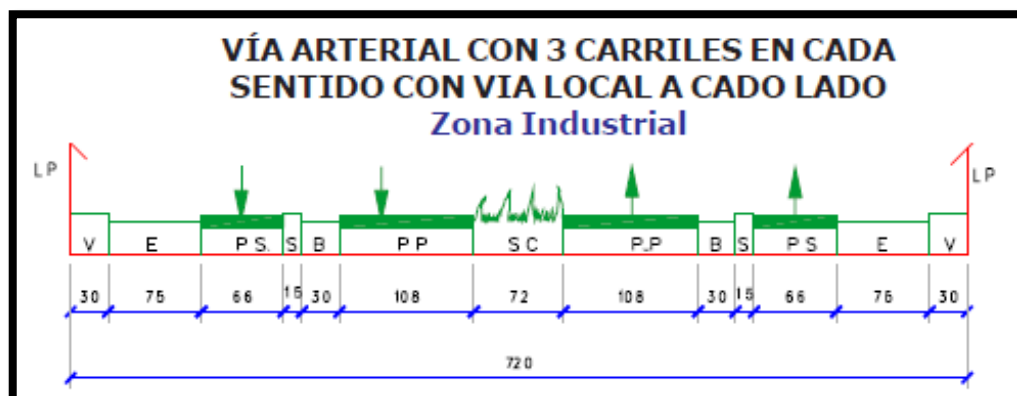
Figura 3.4, Vía Arterial con 2 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Residencial).



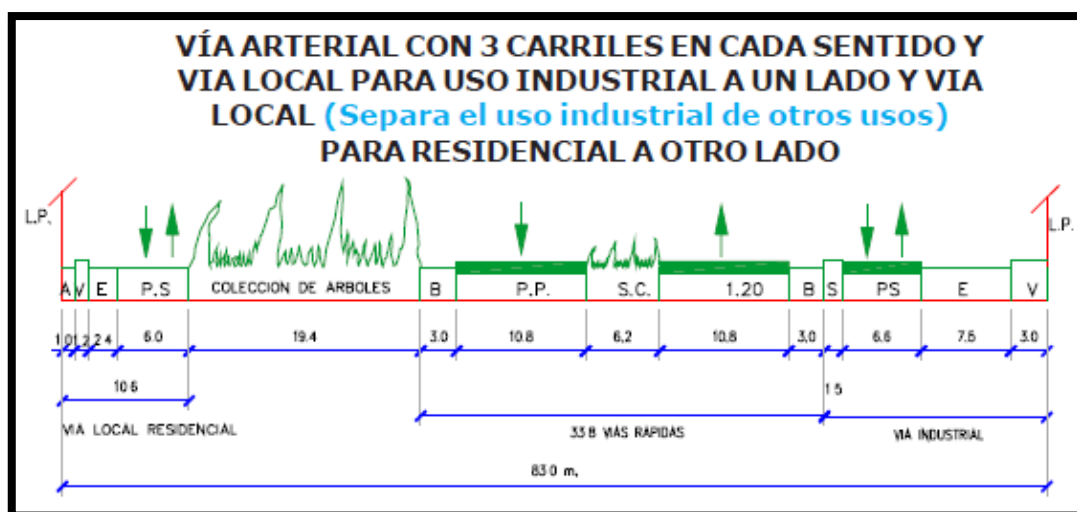
**Figura 3.5, Vía Arterial con 3 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Residencial).**



**Figura 3.6, Vía Arterial con 2 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Industrial).**

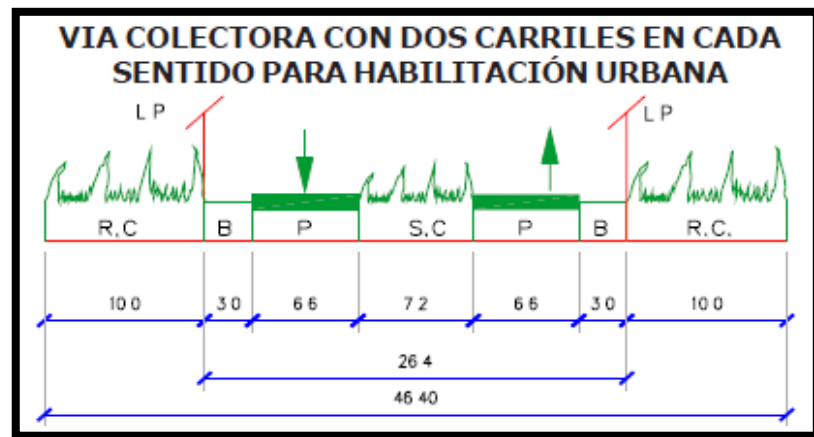


**Figura 3.7, Vía Arterial con 3 carriles en cada sentido con Vía Local a cada lado (Zona Industrial).**

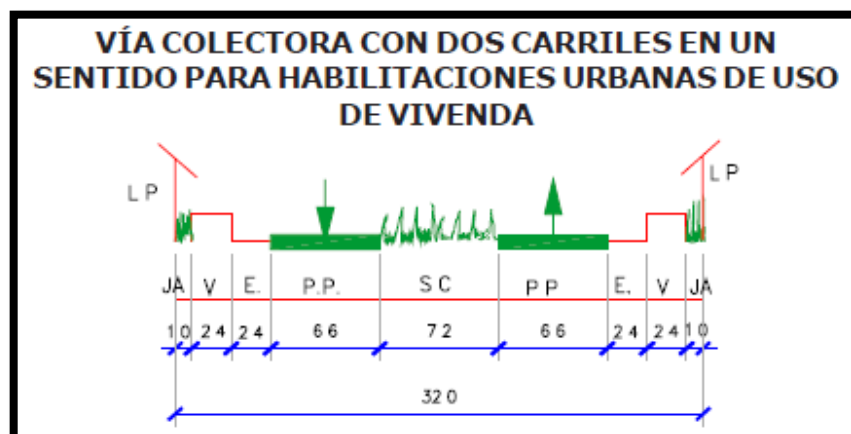


**Figura 3.8, Vía Arterial con 3 carriles en cada sentido y Vía Local para uso industrial a un lado y vía local (Separa el uso industrial de otros usos) Para Residencial a otro lado.**

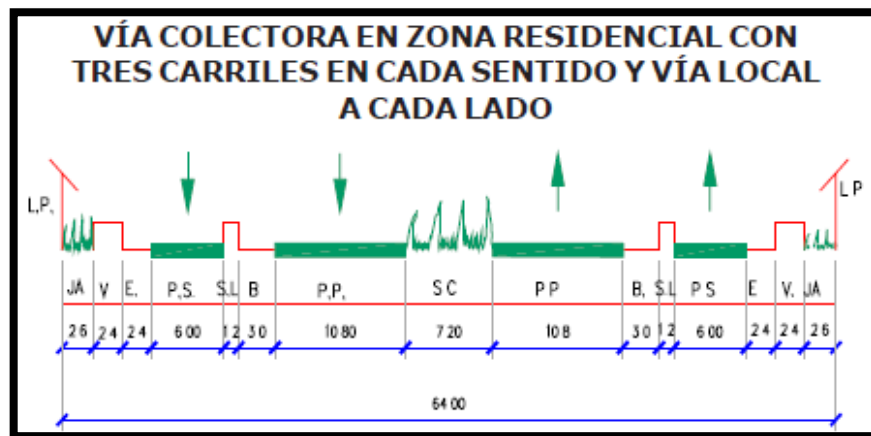
## Vías Colectoras



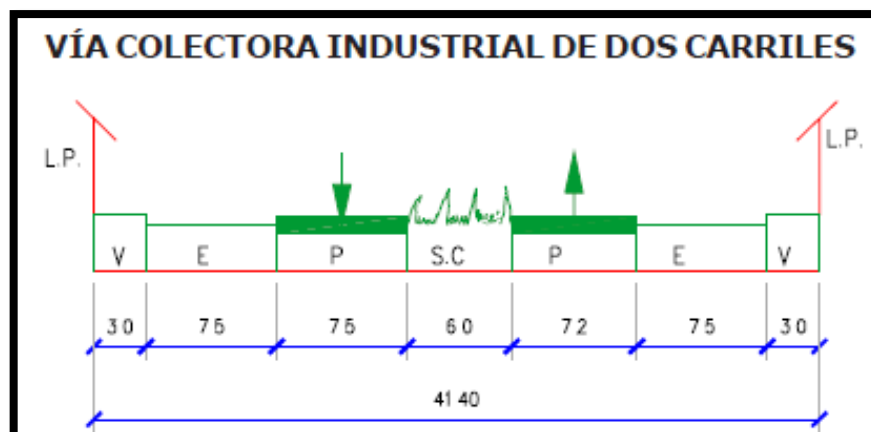
**Figura 3.9, Vía Colectora con dos carriles en cada sentido para Habilitación Urbana.**



**Figura 3.10, Vía Colectora con dos carriles en un sentido para Habitaciones Urbanas de Uso de Vivienda.**



**Figura 3.11, Vía Colectora en Zona Residencial con tres carriles en cada sentido y Vía Local a cada lado.**



**Figura 3.12, Vía Colectora Industrial de dos carriles.**





**Figura 3.13, Vía Colectora Separadora con dos carriles y Vía Local hacia el Lado Residencial.**

**Leyenda General.**

V	=	VEREDA
B	=	BERMA
PS	=	PISTA DE SERVICIO
PP	=	PISTA PRINCIPAL
SC	=	SEPARADOR CENTRAL
JA	=	JARDIN POR AISLAMIENTO (MINIMO)
LF	=	LIMITE DE PROPIEDAD
J	=	JARDIN
E	=	ESTACIONAMIENTO
SL	=	SEPARADOR LATERAL
RC	=	RETIRO DE CONSTRUCCION

**Vías Locales**

Las secciones transversales de las vías locales se determinarán en base a los módulos siguientes:

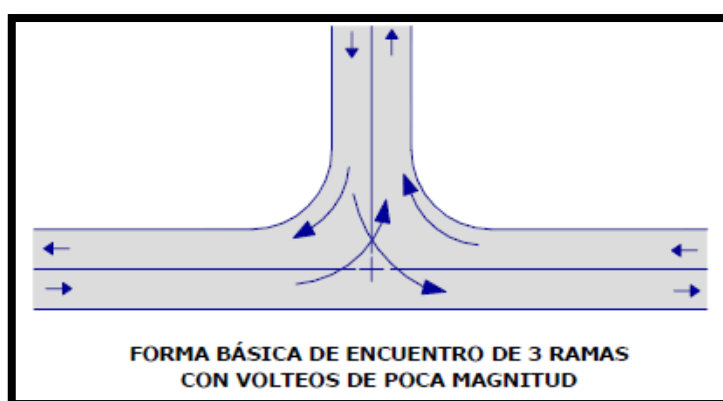
- Carriles: 3.30, 3.00 y 2.75 mts.
- Vereda: 0.60 mts.
- Estacionamientos: 5.40, 3.00, 2.20 y 1.80 mts.

### 3.7. Intersecciones

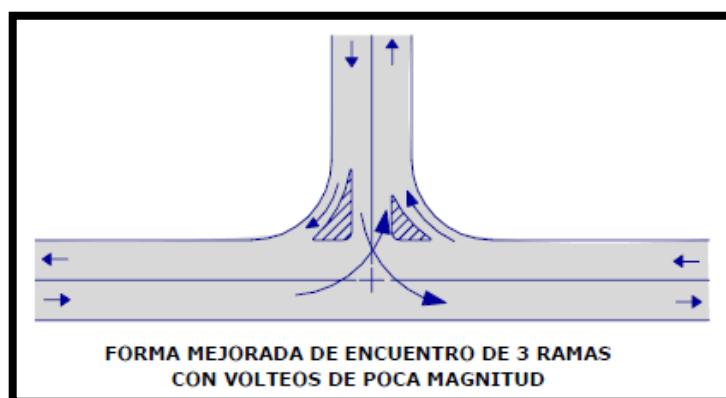
Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.11/1)

Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.11/1)

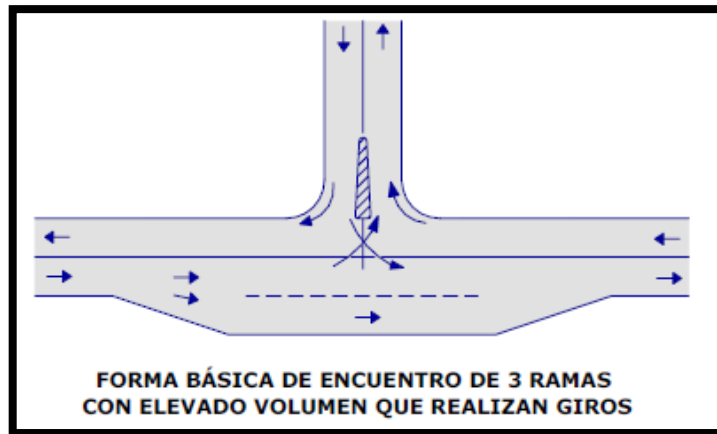
#### 3.7.1 Tipos de Intersecciones



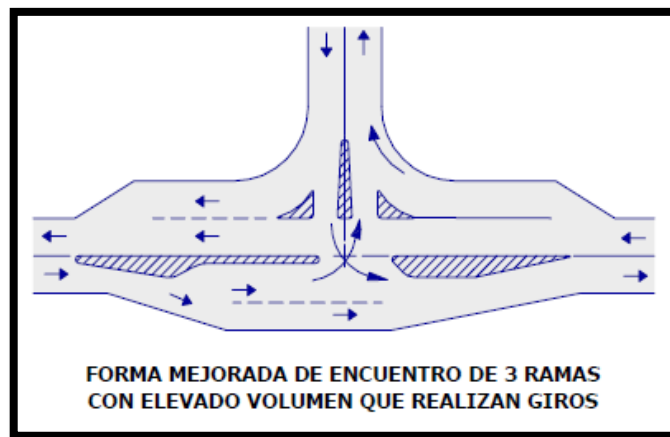
**Figura 3.14, Forma Básica de Encuentro de 3 Ramas con Volteos de Poca Magnitud.**



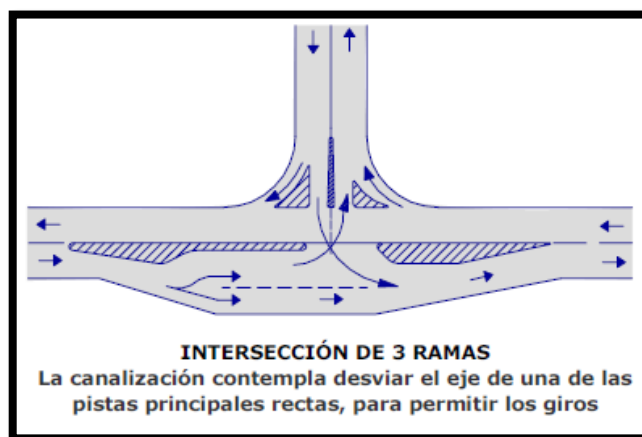
**Figura 3.15, Forma Mejorada de Encuentro de 3 Ramas con Volteos de Poca Magnitud.**



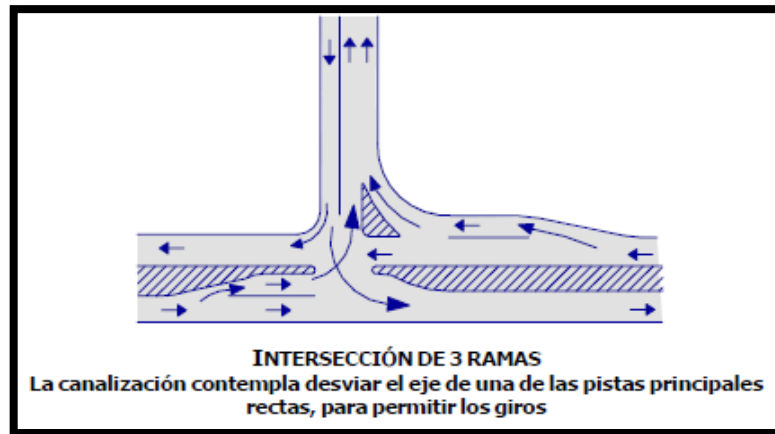
**Figura 3.16, Forma Básica de Encuentro de 3 Ramas con Elevado Volumen Que Realizan Giros.**



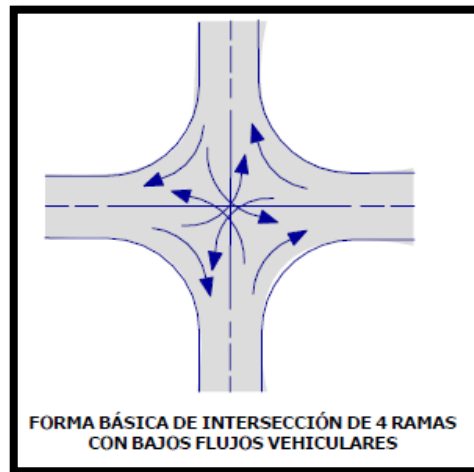
**Figura 3.17, Forma Mejorada de Encuentro de 3 Ramas con Elevado Volumen Que Realizan Giros.**



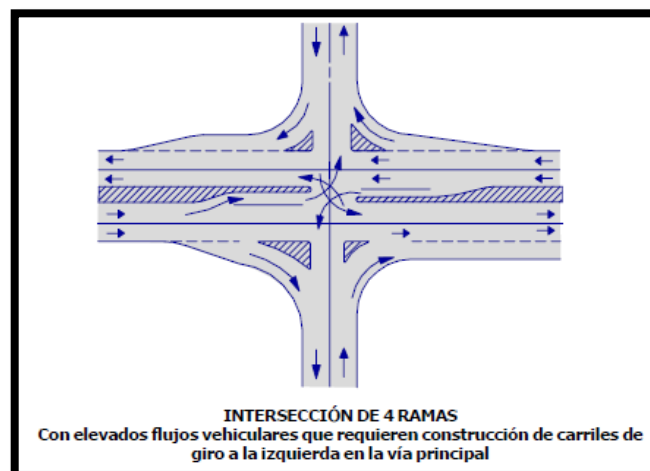
**Figura 3.18, Intersección de 3 Ramas I.**



**Figura 3.19, Intersección de 3 Ramas II.**



**Figura 3.20, Forma Básica de Intersección de 4 Ramas con Bajos Flujos Vehiculares.**



**Figura 3.21, Intersección de 4 Ramas.**

### 3.8. Facilidades para el Transporte Público por Buses

#### 3.8.1 Ubicación de Paraderos

La ubicación adecuada de los paraderos en las vías mixtas proporcionará una menor interferencia en el tránsito y en la seguridad que requiere, tanto el pasajero usuario como los demás vehículos. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.12/1)

#### Punto de Parada Antes de la Intersección

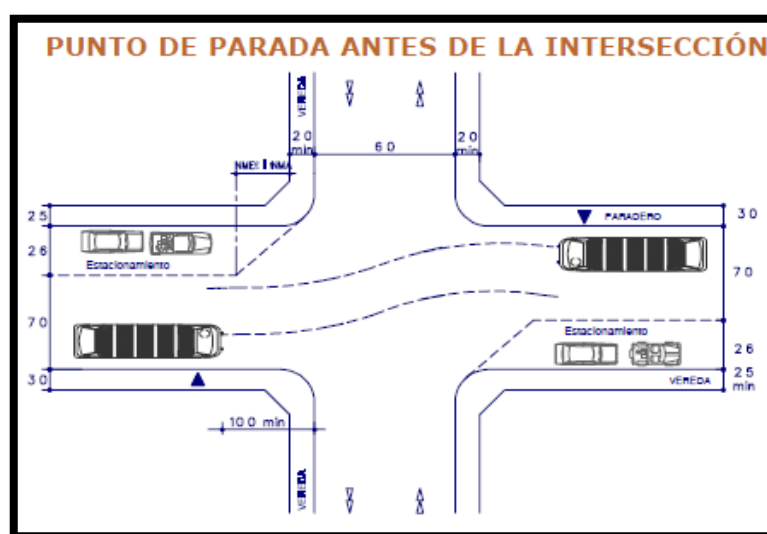


Figura 3.22, Punto de Parada Antes de la Intersección.

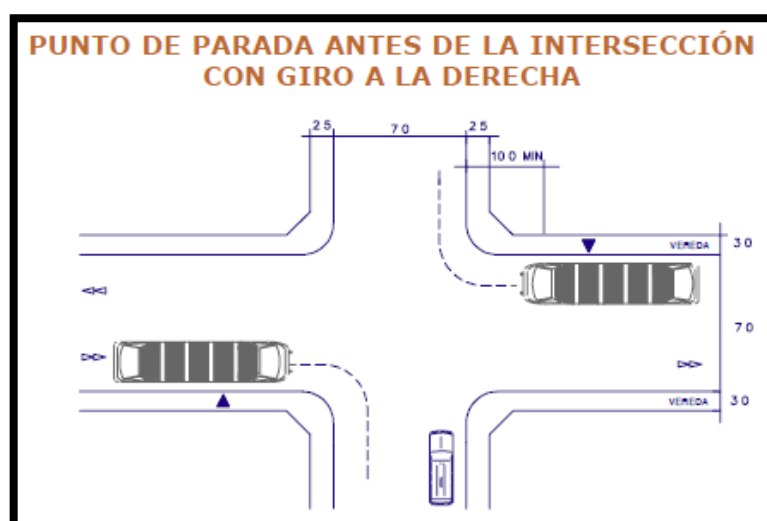


Figura 3.23, Punto de Parada Antes de la Intersección.

### Punto de Parada Después de la Intersección

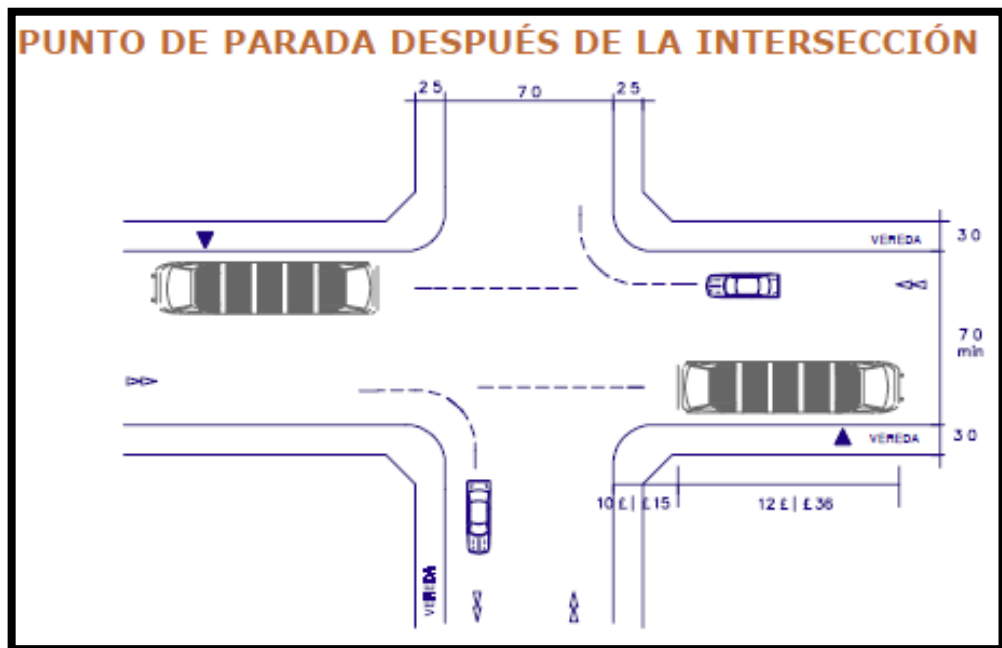


Figura 3.24, Punto de Parada Después de la Intersección.

### Punto de Parada a Mitad de la Cuadra

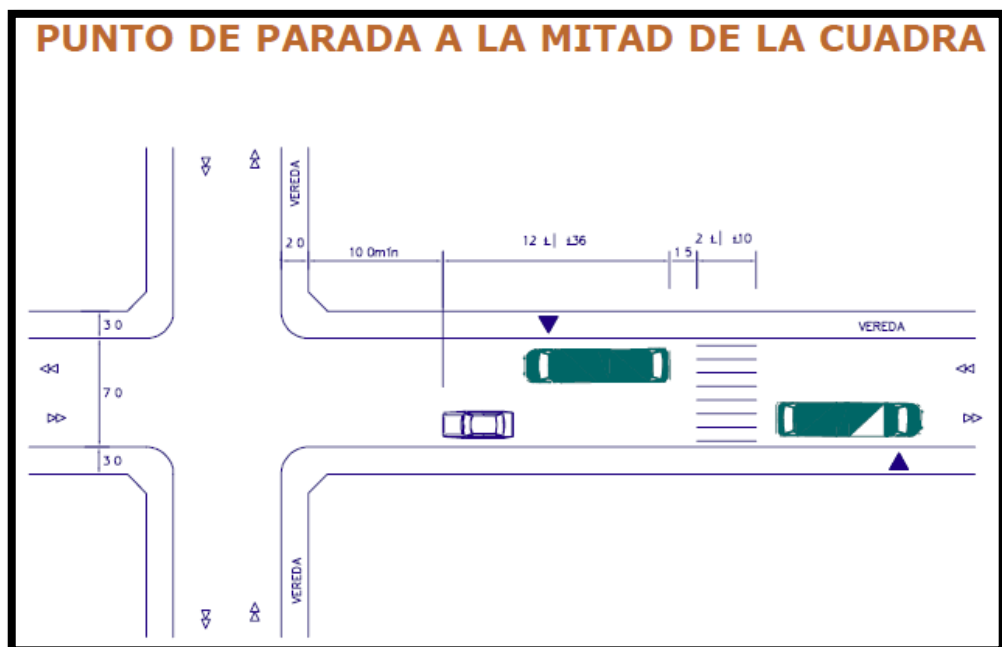


Figura 3.25, Punto de Parada a la Mitad de la Cuadra.

### 3.8.2 Dimensiones Requeridas para la Ubicación de Paraderos

#### Solución con Señalización Horizontal

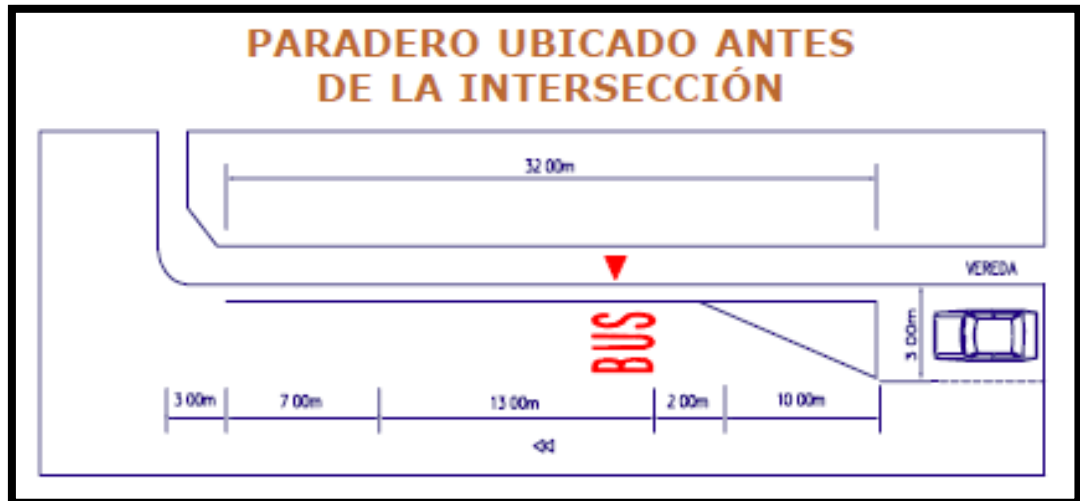


Figura 3.26, Paradero Ubicado Antes de la Intersección.

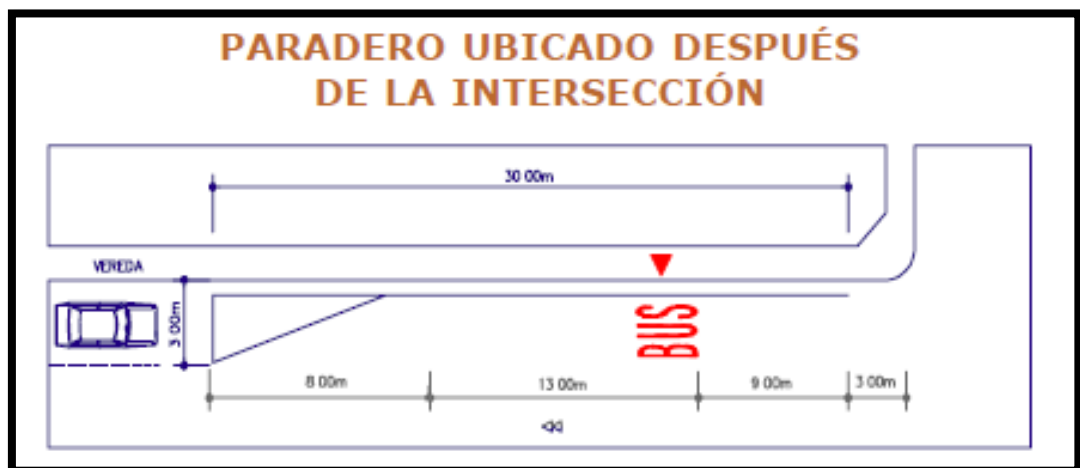
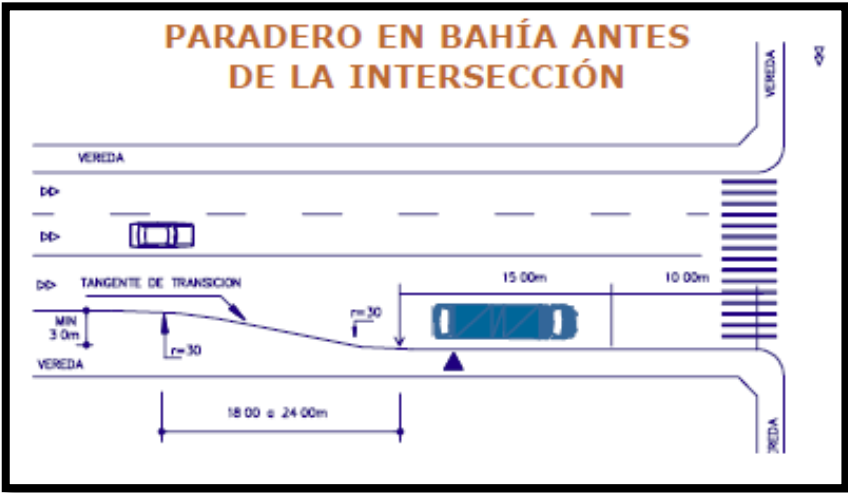
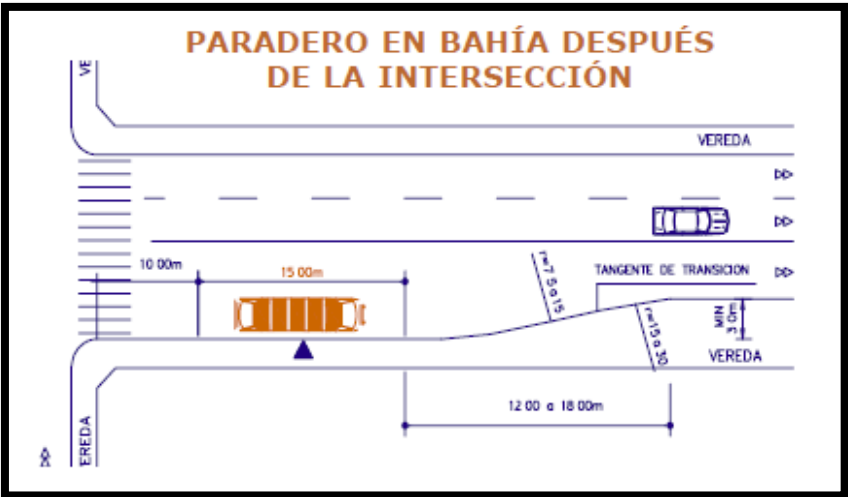


Figura 3.27, Paradero Ubicado Después de la Intersección.

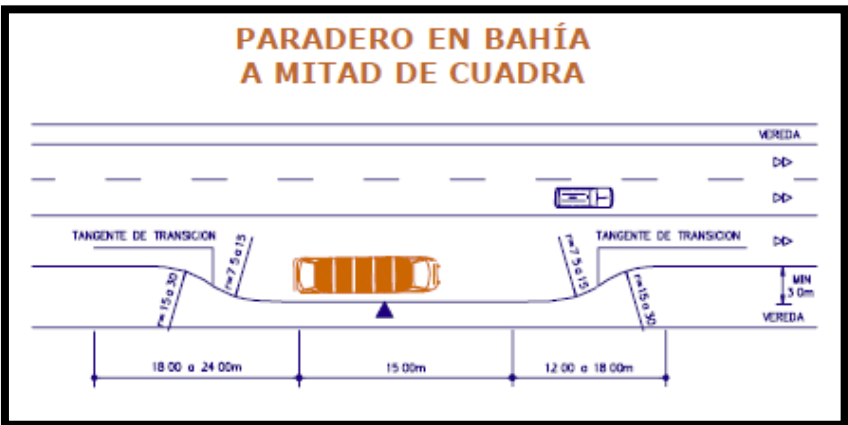
## Solución con Paraderos en Bahías



**Figura 3.28, Paradero en Bahía Antes de la Intersección.**



**Figura 3.29, Paradero en Bahía Después de la Intersección.**



**Figura 3.30, Paradero en Bahía a Mitad de Cuadra.**



### 3.9. Facilidad para Peatones

#### 3.9.1 Características Funcionales del Peatón y Flujo Peatonal

##### El Peatón

- Se considera peatón a cualquier persona que camina por la ciudad, destacando, por las consideraciones que les corresponde, los minusválidos, ancianos y niños. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/1)

##### Velocidad del Flujo Peatonal

- Se considera peatón a cualquier persona que camina por la ciudad, destacando, por las consideraciones que les corresponde, los minusválidos, ancianos y niños. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/1)

**Cuadro 3.5, Velocidades Medias Normales de Peatones de Distintos Grupos en Terreno Llano y para Densidades Bajas.**

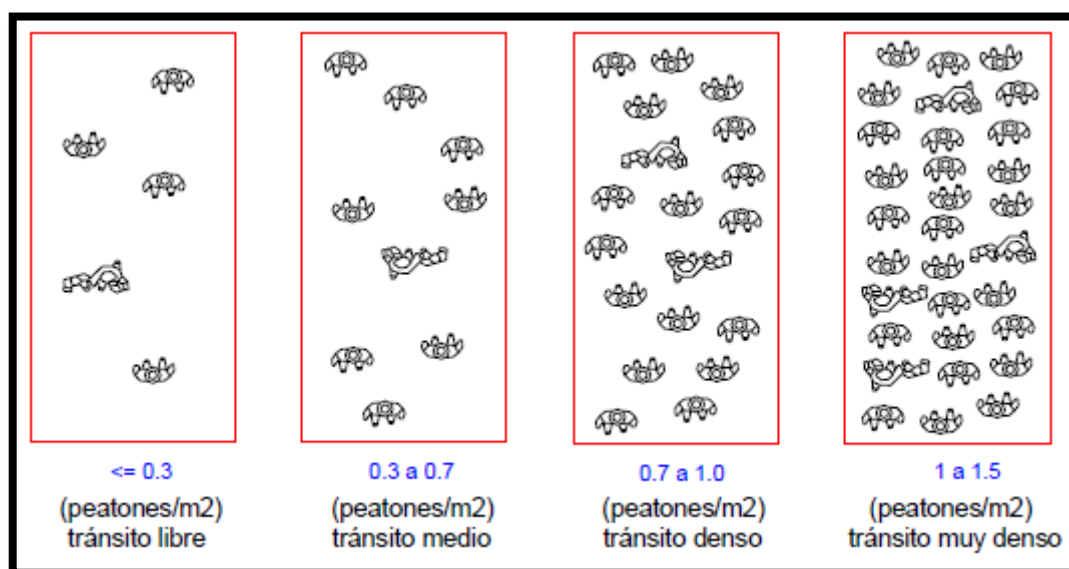
EDAD Y SEXO	VELOCIDAD (KM/H)	VELOCIDAD (m/s)
Hombres de menos de 55 años	6,0	1,7
Hombres de mas de 55 años	5,5	1,5
Mujeres de menos de 50 años	5,0	1,4
Mujeres de mas de 50 años	4,7	1,3
Mujeres con niños	2,5	0,7
Niños de 6 a 10 años	4,0	1,1
Adolescentes	6,5	1,8

##### Velocidad del Flujo Peatonal

- La densidad peatonal es entendida como el número de peatones por m<sup>2</sup> de área efectiva de vía peatonal. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/4)

**Cuadro 3.6, Densidad Peatonal.**

TRAFICO LIBRE	TRAFICO MEDIO		TRAFICO DENSO Circulación perjudicada	TRAFICO MUY DENSO frecuentes conflictos entre peatones	TRAFICO CONGESTIONADO efecto de multitud
	Adelanto Posible	Tráfico en sentido opuesto, conflictos			
< 0.3	0.3 a 0.5	0.5 a 0.7	0.7 a 1.0	1.0 a 1.5	> 1.5



**Figura 3.31, Densidad Peatonal.**

- Del Cuadro 3.6 y la Figura 3.31:
  - Si la densidad es menor de 0.3 peatones/m<sup>2</sup> entonces estamos ante una situación de flujo libre.
  - Si la densidad está comprendida entre 0.3 y 0.7 peatones/m<sup>2</sup> estamos ante un tránsito medio con adelantamiento posible, pero apareciendo dificultades en el flujo de sentido inverso.
  - Si la densidad está comprendida entre 0.7 y 1.0 peatones/m<sup>2</sup> estamos ante un tránsito denso con un desplazamiento perturbado.
  - Si la densidad está comprendida entre 1.0 y 1.5 peatones/m<sup>2</sup> el tráfico es muy denso, hay conflictos numerosos y efecto de muchedumbre.
  - Se considera que la máxima densidad posible en un flujo peatonal es 2.0 peatones/m<sup>2</sup>, pero esta situación no es aceptable para proyecto, solo en caso de algunas salidas de lugares de espectáculos o evacuación por emergencia

### **3.9.2 Clasificación de Vías Peatonales**

#### **Vías Peatonales Expresas**

- En casos excepcionales (túnel, puente, etc.) y donde la demanda peatonal sea excesiva, se puede optar por fajas peatonales con accesos controlados y preparados para conducir peatones sin propiciar detenciones. Entre las opciones tecnológicas disponibles están las fajas rodantes o escaleras mecánicas que se aprecian ya en nuestro medio. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/8)

#### **Vías Peatonales Arteriales**

- Se presentan en diversos puentes de la ciudad, generalmente en zonas de comercio y servicios, o adyacentes a vías vehiculares de tipo arterial. Su rol es llevar los grandes flujos peatonales de origen a destino. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/8)

#### **Vías Peatonales Colectoras**

- Cumple el rol de alimentar a las vías arteriales, integrando con ellas el flujo peatonal de las vías locales. El diseño de estas se aprecia también en zonas de recreación o paseos. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/8)

#### **Vías Peatonales Locales**

- Es el caso más común en nuestro medio y muchas veces es el peatón quien condiciona y asume el dominio de estas vías sin que el diseño de los mismos los haya preparado para tal fin. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/8)

### **3.9.3 Consideraciones de Diseño para Vías Peatonales**

La principal consideración de diseño es la de proveer sistemas seguros y adecuados para el flujo peatonal convencional, así como para el eventual flujo de peatones con alguna discapacidad.

## **Diseño en Planta**

### ***Alineamiento Horizontal:***

- La alineación de una vía peatonal resulta de hacer discurrir la misma en forma sensiblemente paralela a la envolvente de las líneas de borde de las propiedades adyacentes. Esta línea puede verse afectada por la ocupación puntual de espacios públicos adosados a ella para otros fines autorizados que no sean desplazamiento (ejm: quioscos, vendedores en general, etc.). Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/9)

### ***Ancho:***

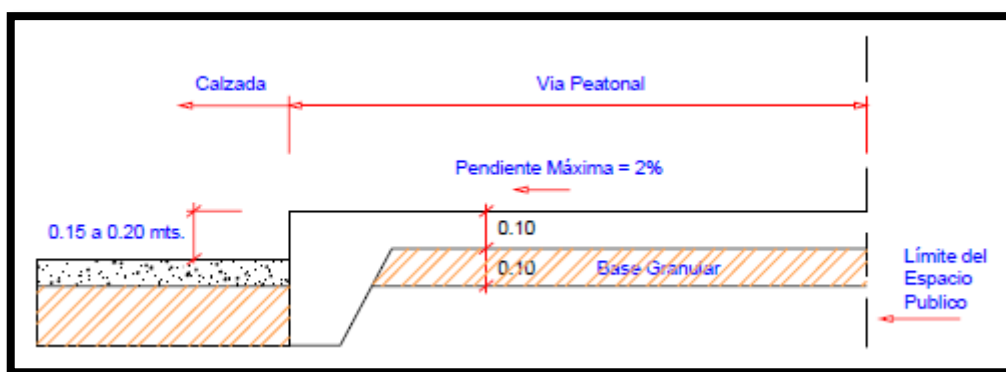
- El ancho mínimo para una vereda de 1.20 mts.

**Cuadro 3.7, Recomendaciones de Ancho de Vías Peatonales.**

DIMENSIONAMIENTO			
CLASIFICACION VIAL	MINIMO (m)	DESEABLE (m)	OBSERVACION
EXPRESA	***	***	NO RECOMENDABLE
ARTERIAL	2.5 - 3.50	4.00	PROTECCION
COLECTORA	1.5 - 2.50	3.00	PROTECCION
LOCAL	1.2 - 1.50	2.00	***

## **Sección Transversal**

- La pendiente transversal debe ser constante con un mínimo de 0.5% para revestimientos lisos y un máximo de 3% cuando no se tiene revestimiento o éste es muy rugoso. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/9)
- La pendiente transversal máxima será de 2% para vías peatonales revestidas. En los casos en los que una vía peatonal sea cruzada por la entrada vehicular a un predio, la pendiente de esa entrada vehicular debe adecuarse para cumplir el requisito indicado de pendiente máxima de la vía peatonal. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/9)



**Figura 3.32, Sección Transversal Convencional.**

### 3.9.4 Cruces de Calzada

Los cruces de calzada exclusivos para peatones, y por lo tanto a distinto nivel, no son frecuentes en las ciudades peruanas. Lo habitual es que estos cruces se ejecuten al nivel de la calle, dejando la posibilidad de desnivelación para aquellos contados casos en los que se pueda demostrar su necesidad por razones de seguridad, o su rentabilidad, como consecuencia de la reducción de las demoras de los usuarios de las vías; todo esto cuando haya manera de asegurar la aceptación del dispositivo por parte del peatón o exista la forma de forzar su uso. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/15)

Por su ubicación, los cruces peatonales pueden plantearse dentro de los tramos (sección normal de una vía o ramal) o en las esquinas, y en ambos casos pueden contar o no con semáforo. Criterios específicos de implantación, dimensionamiento y ubicación figuran en detalle en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente en Perú. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/15)

#### **Cruces de Peatones Dentro de los Tramos**

- Estos cruces, cuando se requieran, deben implantarse a la altura de centros importantes de generación de flujos peatonales, como son escuelas, centros comerciales, etc. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/16)

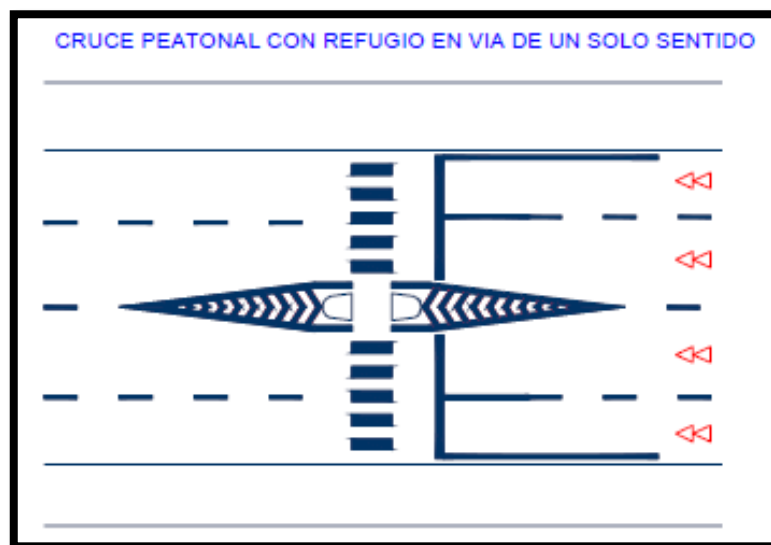


Figura 3.33, Cruce Peatonal con Refugio en Vía de un Solo Sentido.

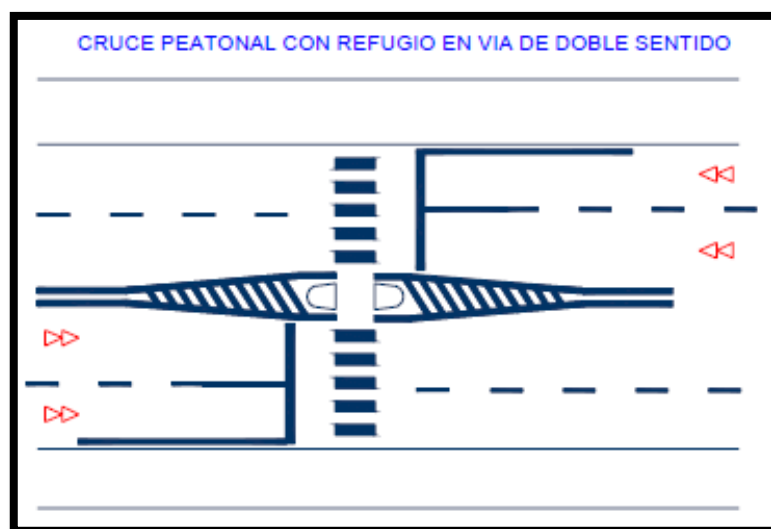
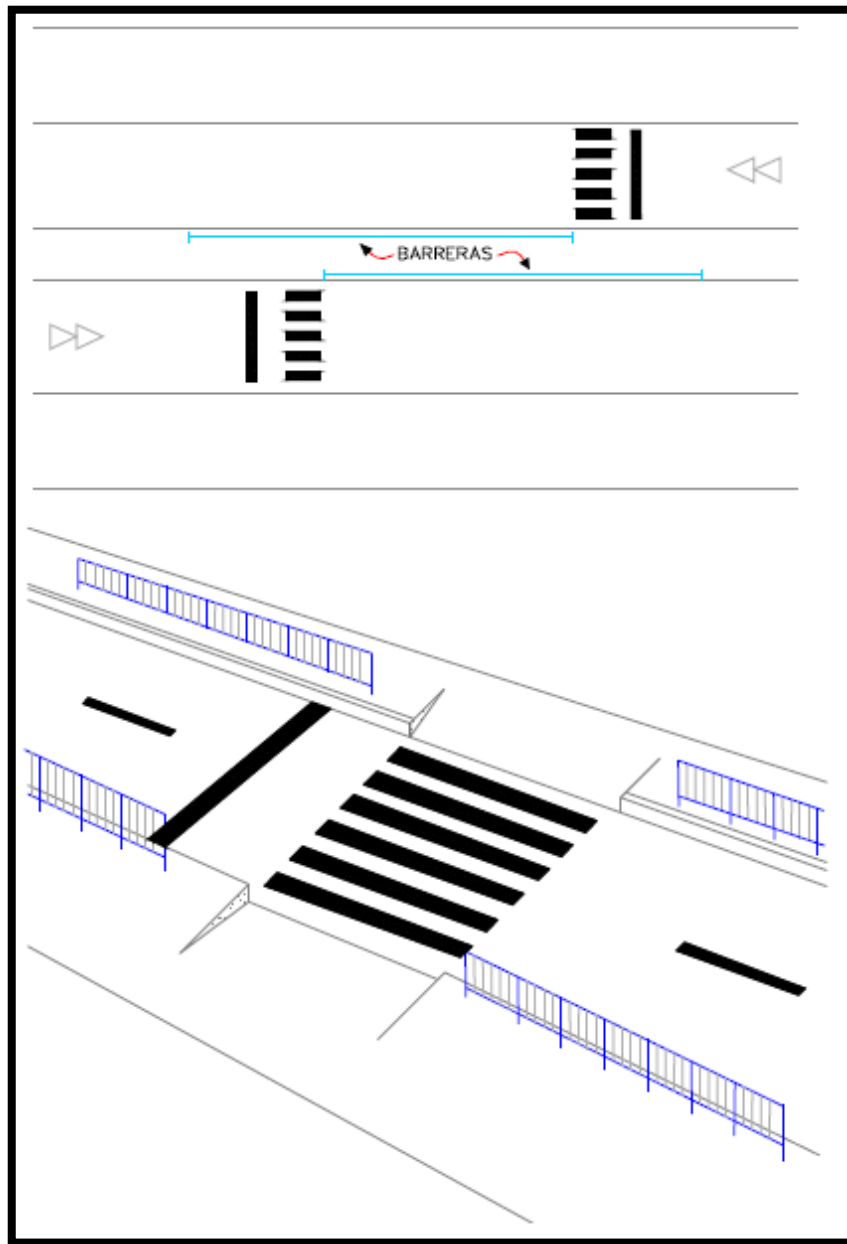


Figura 3.34, Cruce Peatonal con Refugio en Vía de Doble Sentido.



**Figura 3.35, Cruce Peatonal Directo con Barreras de Protección.**

### **Cruces Peatonales en Intersecciones o Esquinas**

- Las esquinas pueden recibir flujos muy variables de peatones y de vehículos, determinando situaciones que pueden requerir semáforos para optimizarlas. El tratamiento de los cruces depende de la existencia de ellos y de la geometría concreta de la intersección. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/16)

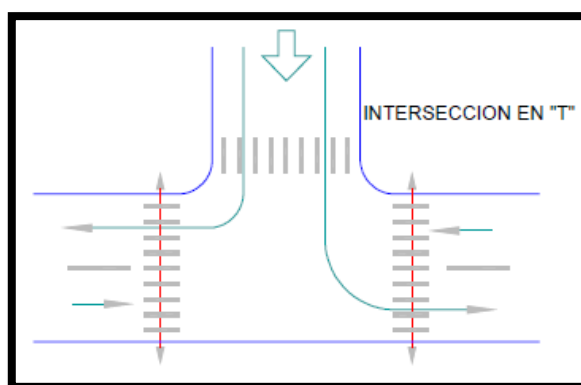


Figura 3.36, Intersección en "T" sin refugio.

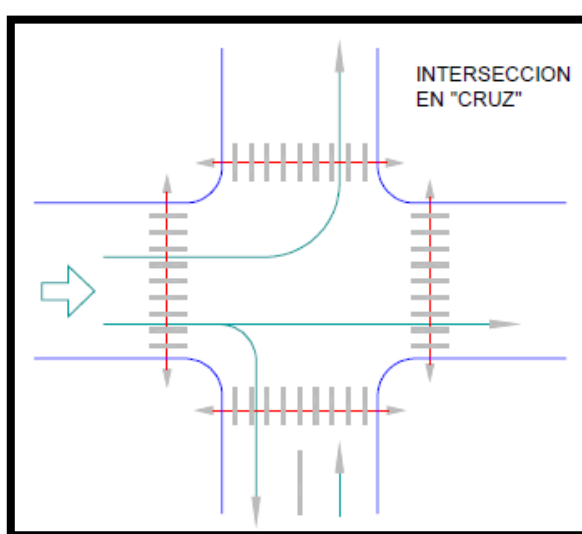


Figura 3.37, Intersección en "Cruz" sin refugio.

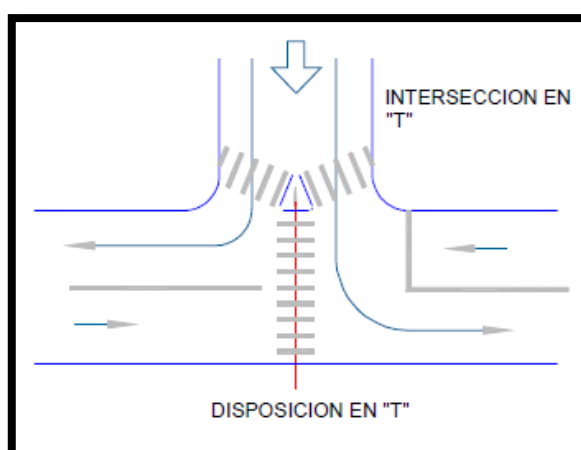


Figura 3.38, Intersección en "T" con refugio.



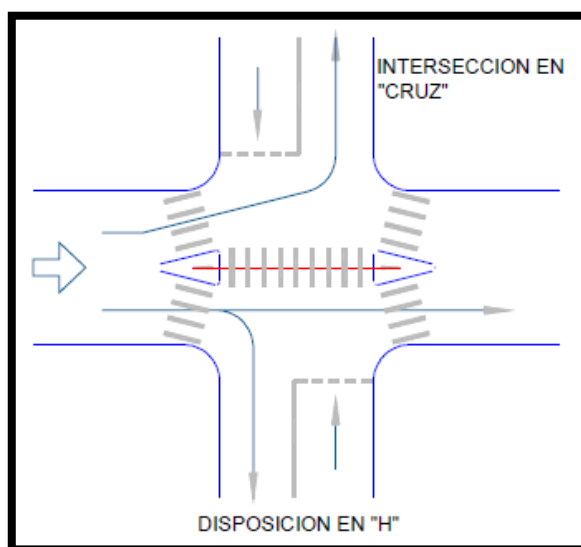


Figura 3.39, Intersección en “H” con refugio.

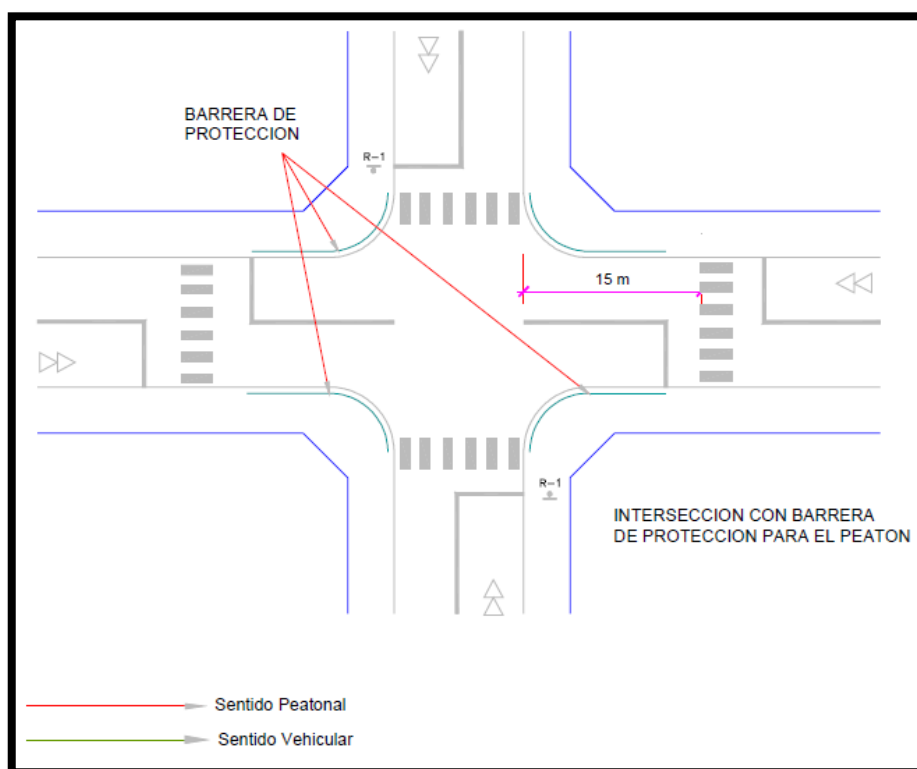
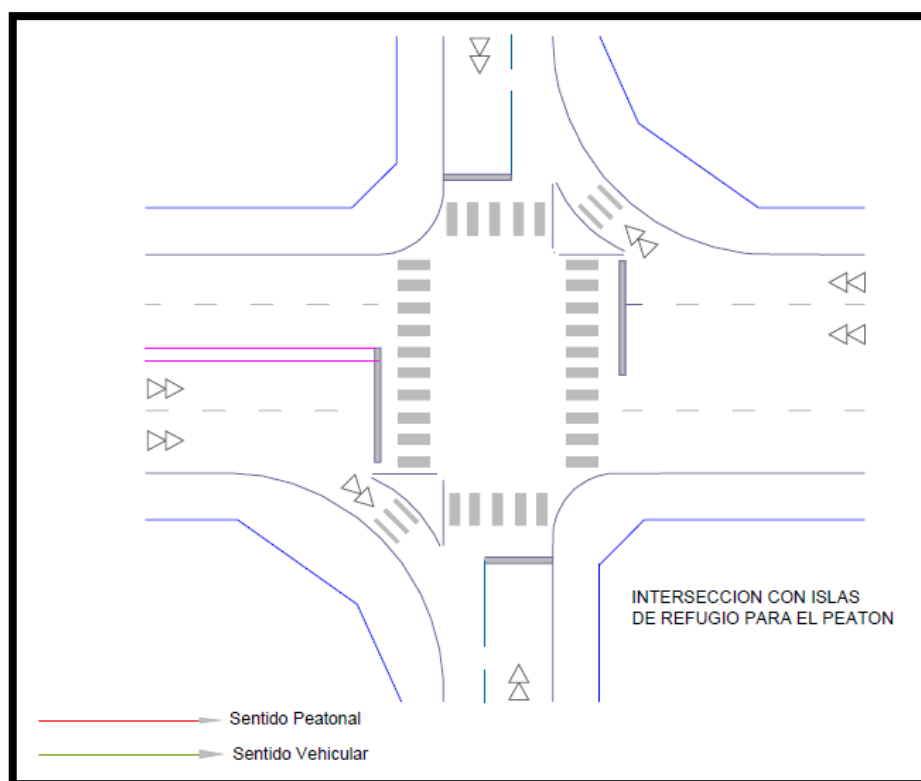


Figura 3.40, Intersección con Barrera de Protección para el Peatón.



**Figura 3.41, Intersección con Islas de Refugio para el Peatón.**

### 3.9.5 Facilidades para Discapacitados

Deberá usarse como referencia para el diseño de vías peatonales los siguientes parámetros: Consideraciones: ("Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas", 2005, p.13/23)

- El espacio que ocupa una persona en silla de ruedas manual es de 0.75 m x 1.20 mts. Con silla de ruedas mecánica, es de 0.90 m x 1.20m.
- El ancho libre mínimo para el paso de una silla de ruedas manual será de 0.90 m a lo largo de un pasaje. Cuando se trate de atravesar un punto específico el ancho mínimo será de 0.85 metros. Para el paso de dos sillas de ruedas será de 1.55 metros, siendo recomendable un ancho de 2.0 metros.
- El espacio recomendable para el giro de 180° de una silla de ruedas manual es de 1.55 mts de diámetro, siendo la misma dimensión aplicable cuando la maniobra deseada es efectuar un giro en T.

### Zonas y Rutas Accesibles en el Espacio Público

- Todas las rutas accesibles deberán contar con el espacio necesario y la superficie de rodadura adecuada para el giro de una persona en silla de ruedas, por lo menos cada 25 metros. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/23)

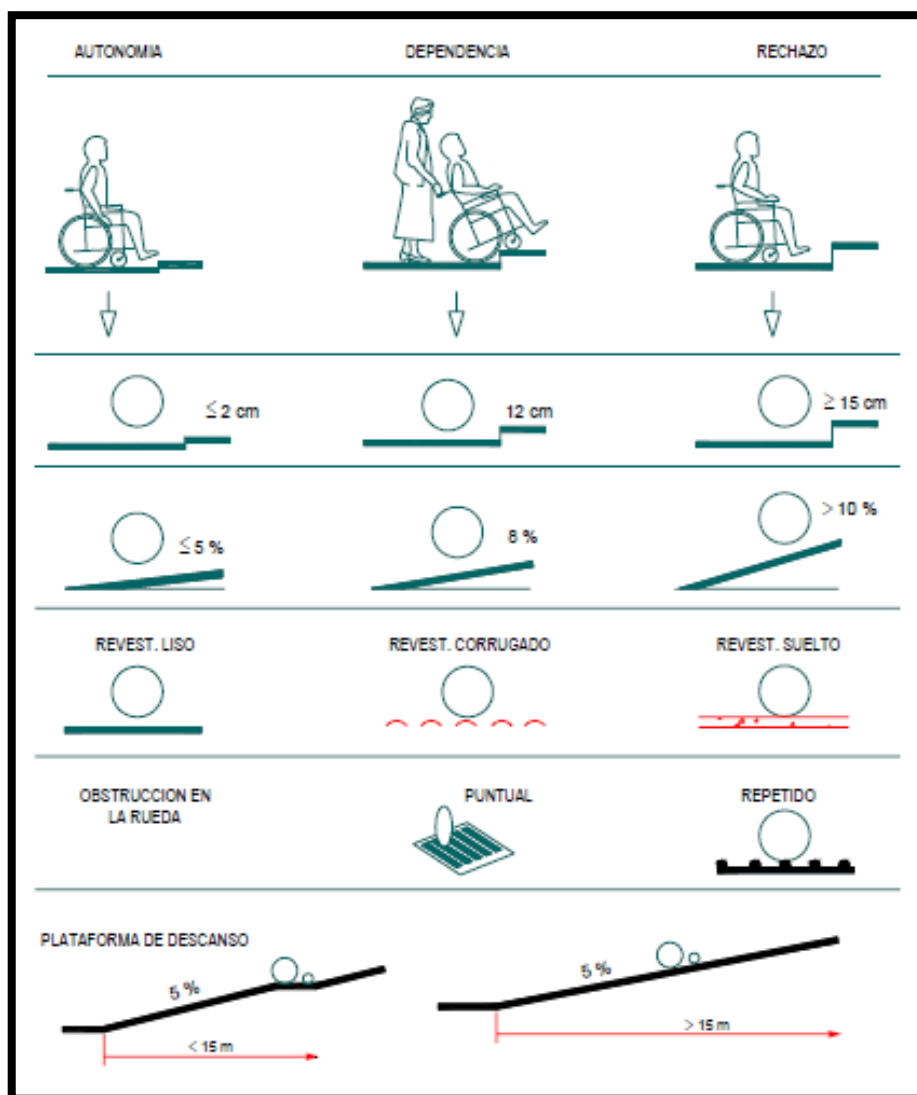


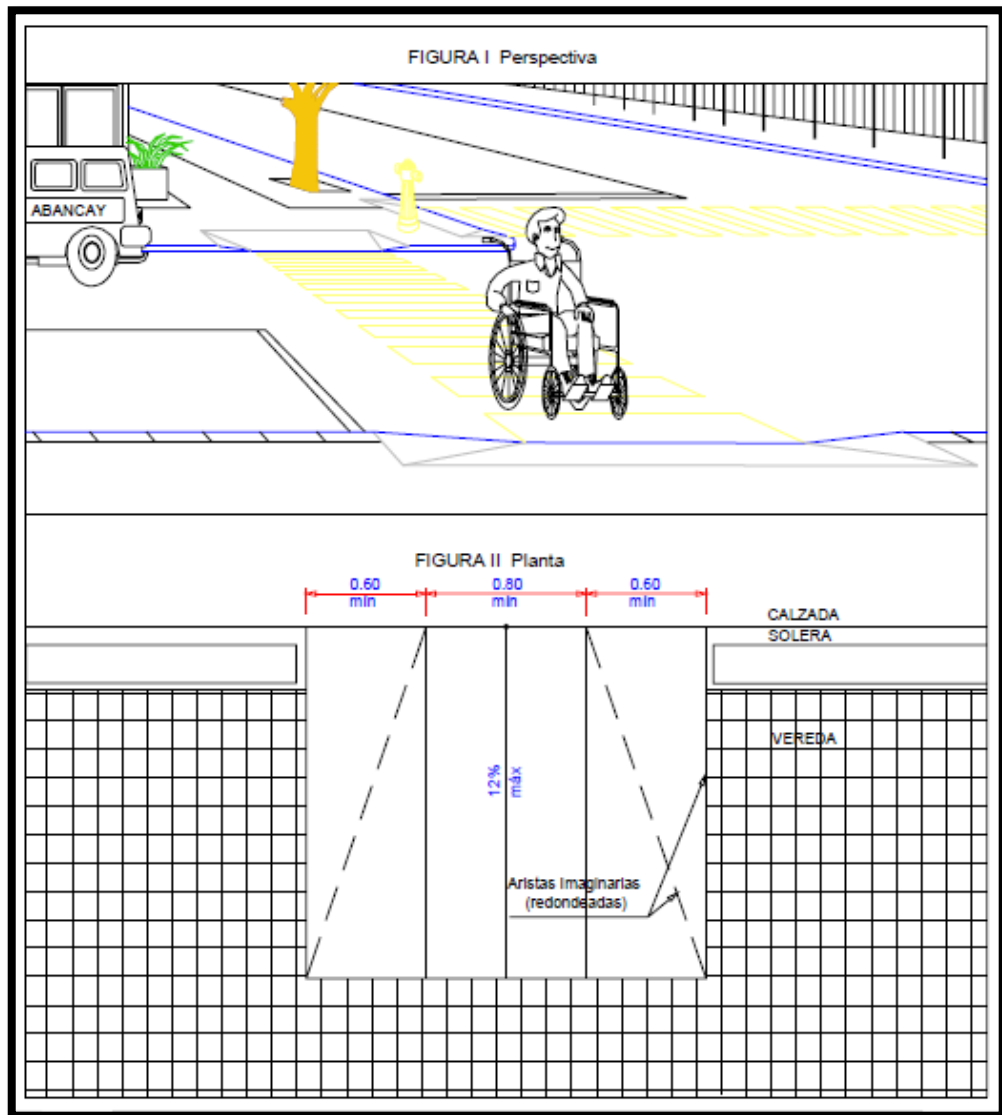
Figura 3.42, Grado de Consideración al Limitado Físico en Silla de Ruedas.

### Rampas y Ajustes Altimétricos en el Diseño Geométrico

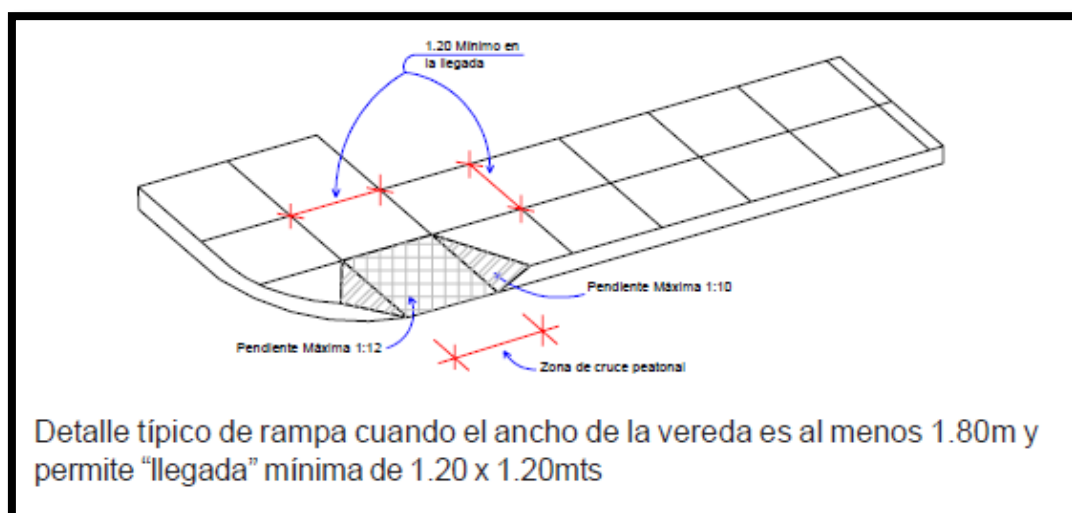
- Los desniveles entre veredas y calzadas deben salvarse mediante rampas que se ubicarán obligatoriamente en los cruces peatonales de las calzadas. Las rampas de vereda deben ser provistas donde quiera que una ruta accesible pase por una vereda. El eje central de toda rampa debe ser perpendicular al

borde de la vereda. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/24)

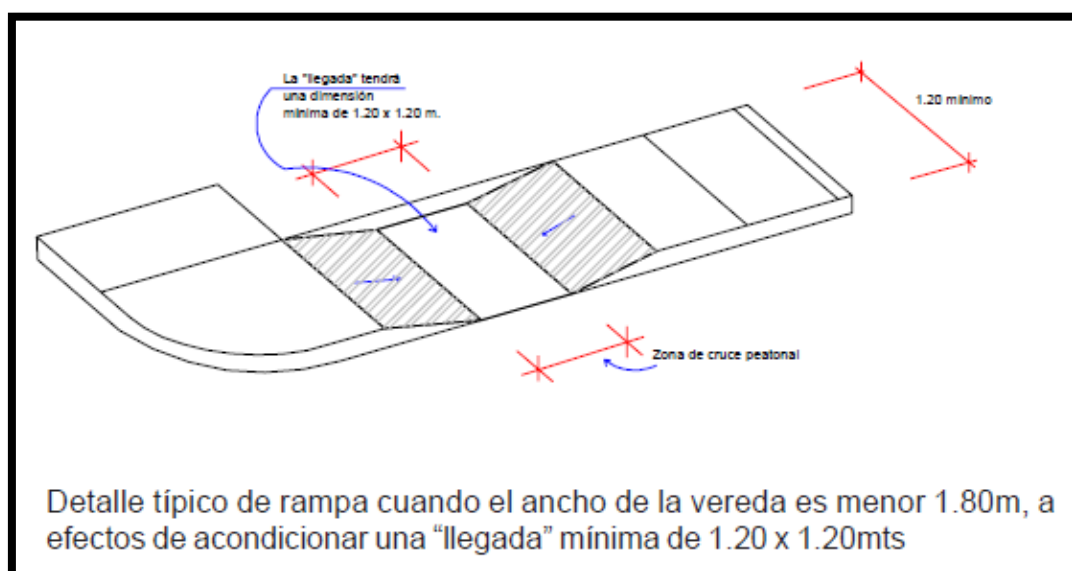
- Los cambios de nivel de hasta 6 mm pueden ser verticales y sin tratamiento de bordes; entre 6 mm y 20 mm deberán ser biselados, con una pendiente no mayor de 1:2, y los superiores a 20 mm deberán ser resueltos mediante rampas. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.13/24)



**Figura 3.43, Diseño de Rampa para Discapacitados y Otro Tipo de Vehículos en la Categoría de “Bicicletas o Similares”.**



**Figura 3.44, Detalle Típico de Rampa I.**



**Figura 3.45, Detalle Típico de Rampa II.**

### 3.10. Facilidad para el Transporte en Bicicleta

La bicicleta es un medio de transporte alternativo accesible a la gran mayoría de la población, con un indudable impacto positivo en la descontaminación ambiental y la salud de las personas, constituyendo además un elemento de esparcimiento. Por ello es necesario que los sistemas de transporte consideren adecuadamente la operación de bicicletas como un modo más, de manera que su interacción con el resto del tránsito vehicular no constituya un factor de riesgos de accidentes. En efecto, dada la evidente

fragilidad de las bicicletas respecto de los vehículos motorizados, el tránsito de éstas debe realizarse en vías o sectores de la calzada predeterminados que les brinden seguridad. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.14/1)

Cabe mencionar que las vías en que se implementen facilidades para la circulación de bicicletas deben ser tales, que ellas queden insertas dentro de un conjunto de vías o red. En este sentido, la experiencia nacional e internacional señala que la bicicleta constituye una real alternativa sólo para aquellos viajes de hasta 5 km de recorrido. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.14/1)

La función de las facilidades para ciclistas es dar seguridad y comodidad al tránsito de bicicletas en una vía, otorgándole en algunos casos exclusividad de uso en parte de dicha vía o segregándolo del resto del tránsito. Su implementación debe considerar tanto la infraestructura necesaria – vías y estacionamientos - como la señalización que regule la circulación, advierta de peligros y guíe a través de las vías. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.14/1)

Las sendas destinadas a la circulación de bicicletas pueden ser de 3 tipos: Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.14/1)

- **CICLOVÍA:** Vía destinada al uso exclusivo de bicicletas que se encuentra segregada físicamente del tránsito de vehículos motorizados. El ancho de ellas varía según los volúmenes de bicis esperados. En todo caso, se recomienda un ancho mínimo de 1 m por sentido de circulación.
- **CICLOBANDA:** Carril o sector de la calzada o acera segregada del tránsito vehicular o peatonal sólo por demarcación. Su ancho puede variar según el flujo esperado de bicicletas, pero no debe ser menor a 1,5 m, incluida la línea separadora de flujos. Sólo pueden ubicarse en vías donde la velocidad máxima permitida es igual o inferior a 50 km/hr.
- **CICLOCALLE:** Vía peatonal o convencional donde circulan las bicicletas junto a otros vehículos motorizados, y donde la velocidad máxima permitida no excede los 30 km/hr.

### 3.10.1 Consideraciones para el Diseño

La vía Urbana permite una posible convivencia entre los diversos medios de transporte, de manera que, partiendo de las dimensiones básicas de la bicicleta e incorporando al hombre dicho vehículo, obtenemos el patrón antropométrico que permite así disponer de un espacio dentro de la vía urbana, destinado al flujo de bicicletas. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.14/1)

Las bicicletas, por sus características físicas y menor velocidad, son vehículos vulnerables al convivir con el tráfico motorizado, por lo que será necesario aplicar mayor interés y sensibilidad por parte del proyectista que realiza el Diseño Vial Urbano con Ciclovías. Consideraciones: (“Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”, 2005, p.14/1)

El aprovechamiento de las vías existentes, está sujeto a que exista lo siguiente: **(Figura 3.43 - 1)**

- Excedente en el ancho de los carriles.
- Superficie de rodadura en buen estado.
- Mínima circulación de automóviles y ómnibuses.

Se utilizará el tipo de vías peatonales compartidas con los ciclistas, cuando el flujo peatonal no es muy alto y el espacio es suficiente. **(Figura 3.46 – 2)**

En las actuales vías peatonales, en las que el flujo peatonal y la necesidad de los ciclistas son moderados, es posible canalizar el volumen de los ciclistas sin ocasionar fricciones físico – espaciales. **(Figura 3.46 – 3)**

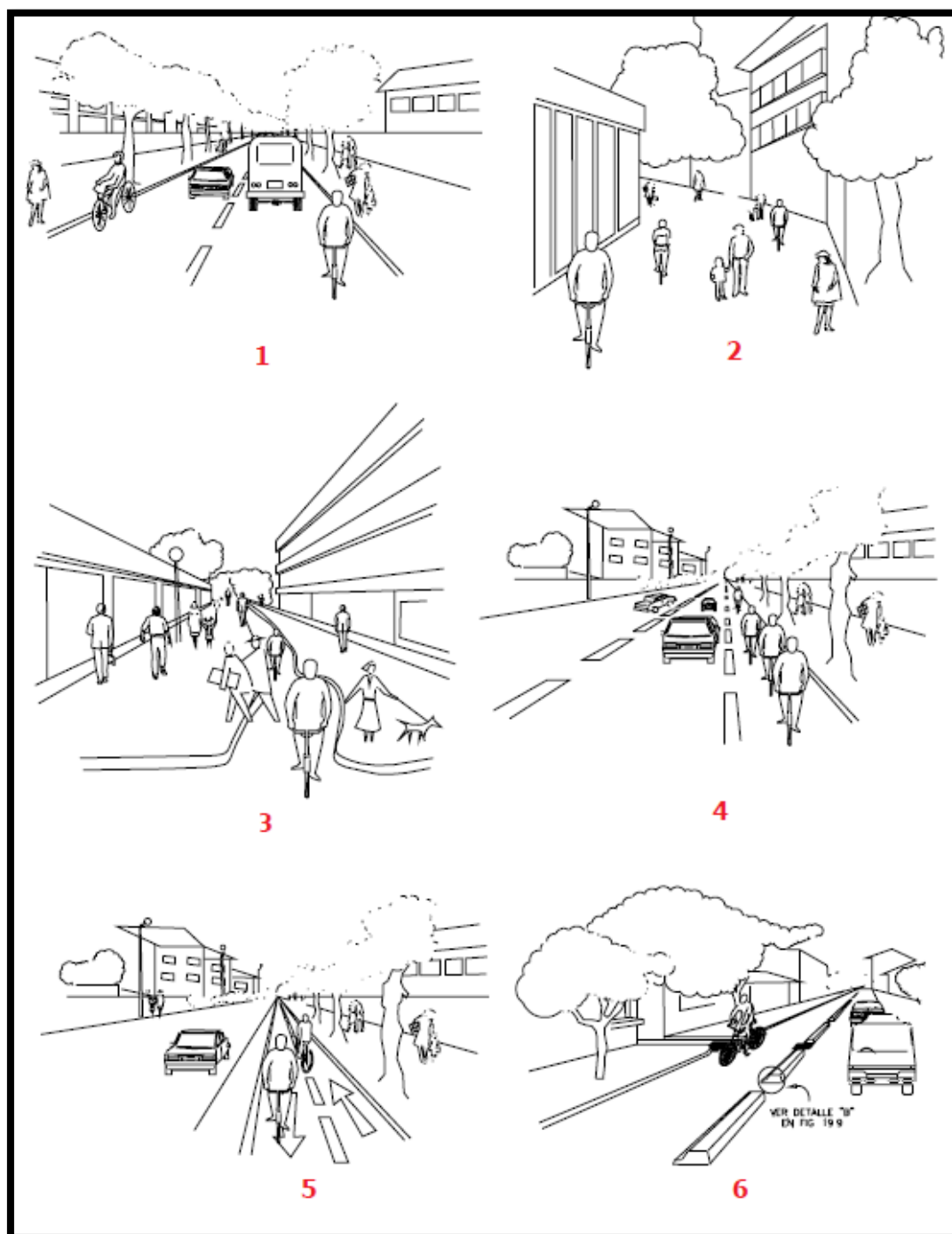
En las vías vehiculares, también podrá plantearse un carril unidireccional debidamente separado y/o señalado a un lado de la vía principal, por la que transitarán los ciclistas, pero en un sólo sentido. **(Figura 3.46 – 4)**

La solución que emplea carriles bidireccionales, **(Figura 3.46 – 5)**, presenta entre otros los siguientes problemas:

- Riesgo de choques frontales.
- Difícil solución en las intersecciones especialmente en contraflujo.

- Problemas en el inicio y fin de la ciclovía.

En el caso de carriles compartidos, se deberá prever el acceso de vehículos motorizados y otros a las propiedades colindantes, para ello los bloques separadores serán reemplazados por la pintura y señalización, (**Figura 3.46 – 6**)



**Figura 3.46, Criterios para el Diseño de Ciclovías.**



### 3.10.2 Cruces en Ciclovías

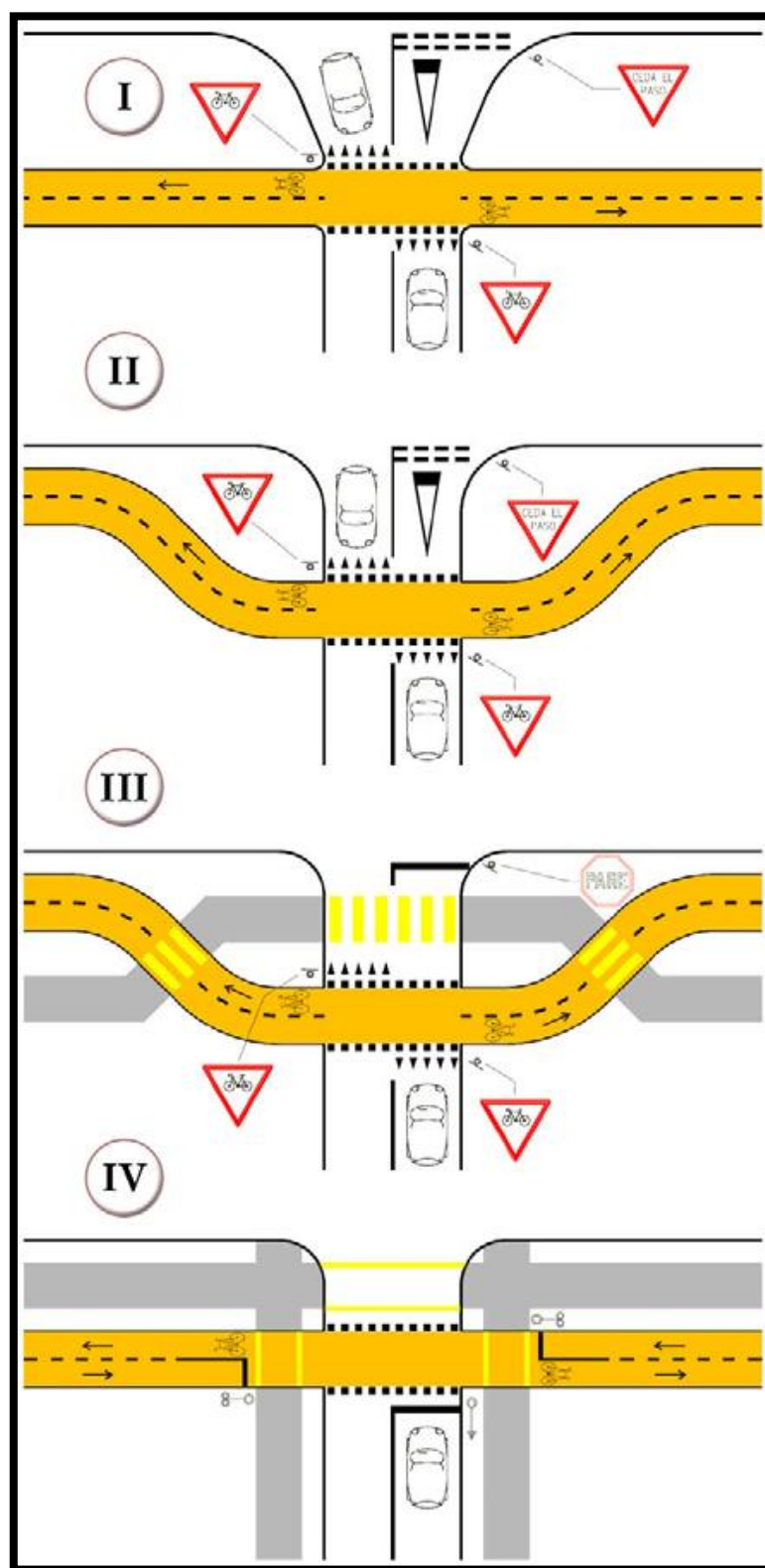


Figura 3.47, Cruces Simples en Aceras de Ciclopistas Bidireccionales.

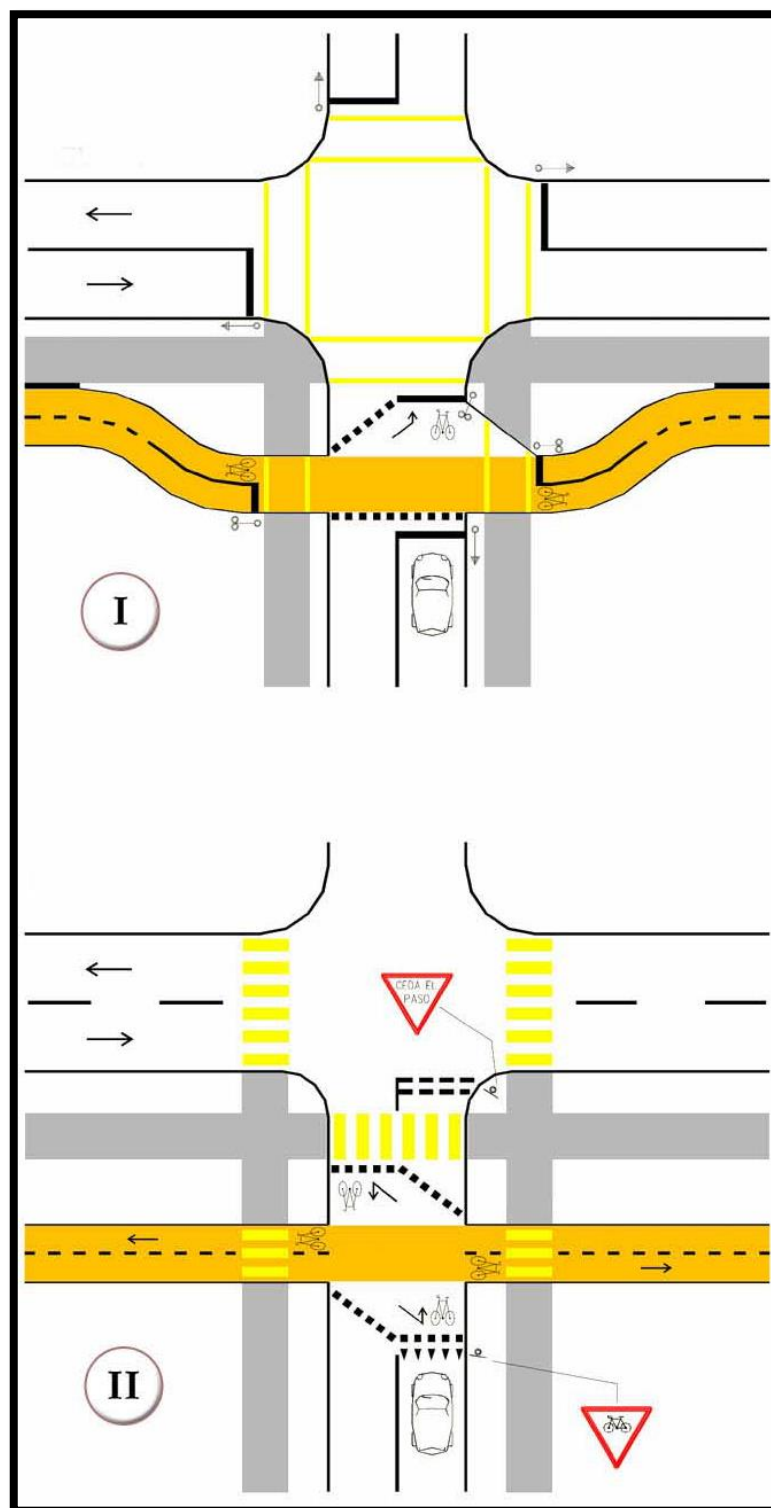


Figura 3.48, Cruces con Viraje en Acera de Ciclistas Bidireccionales.

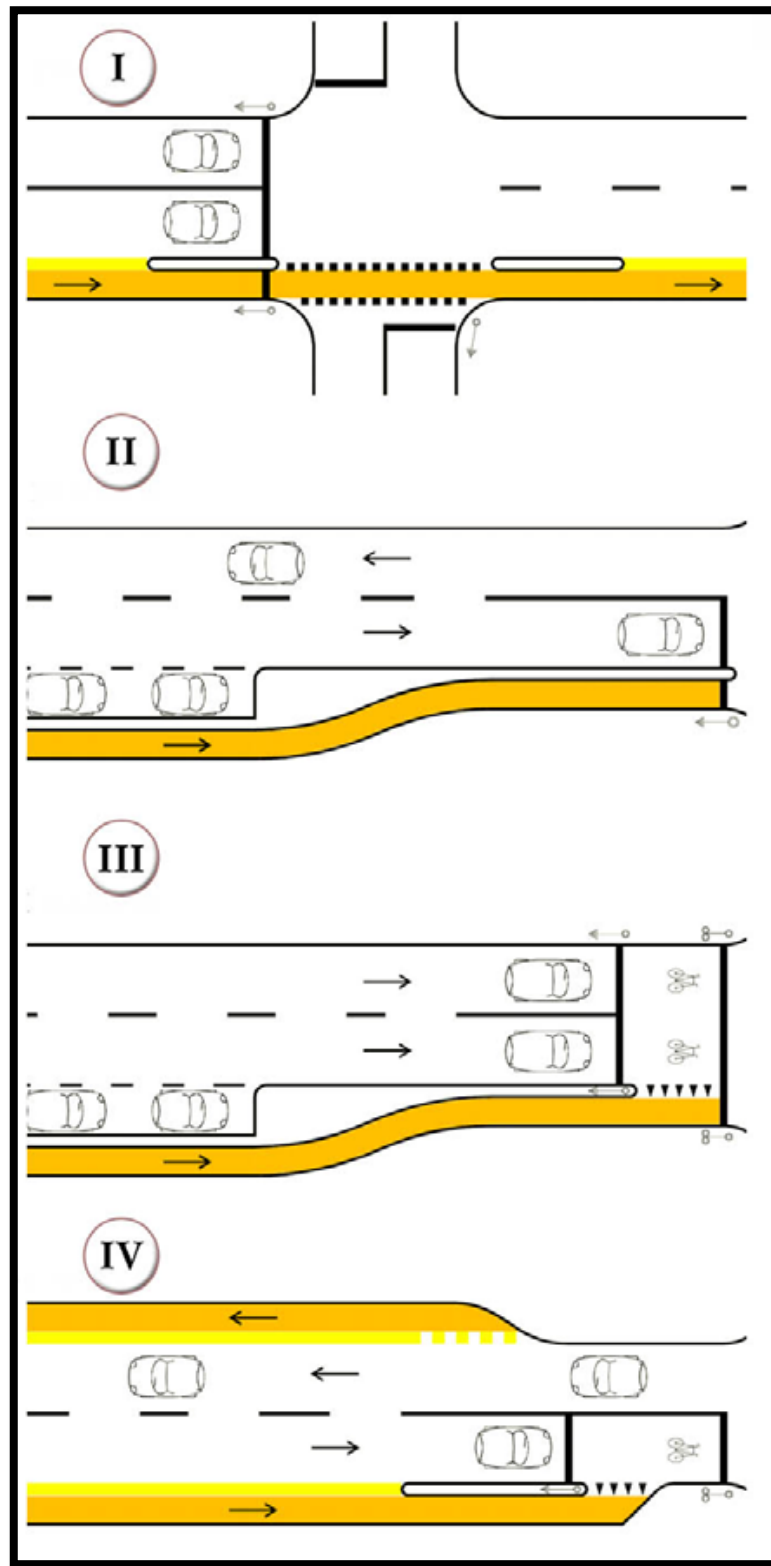


Figura 3.49, Ciclovías Unidireccionales.

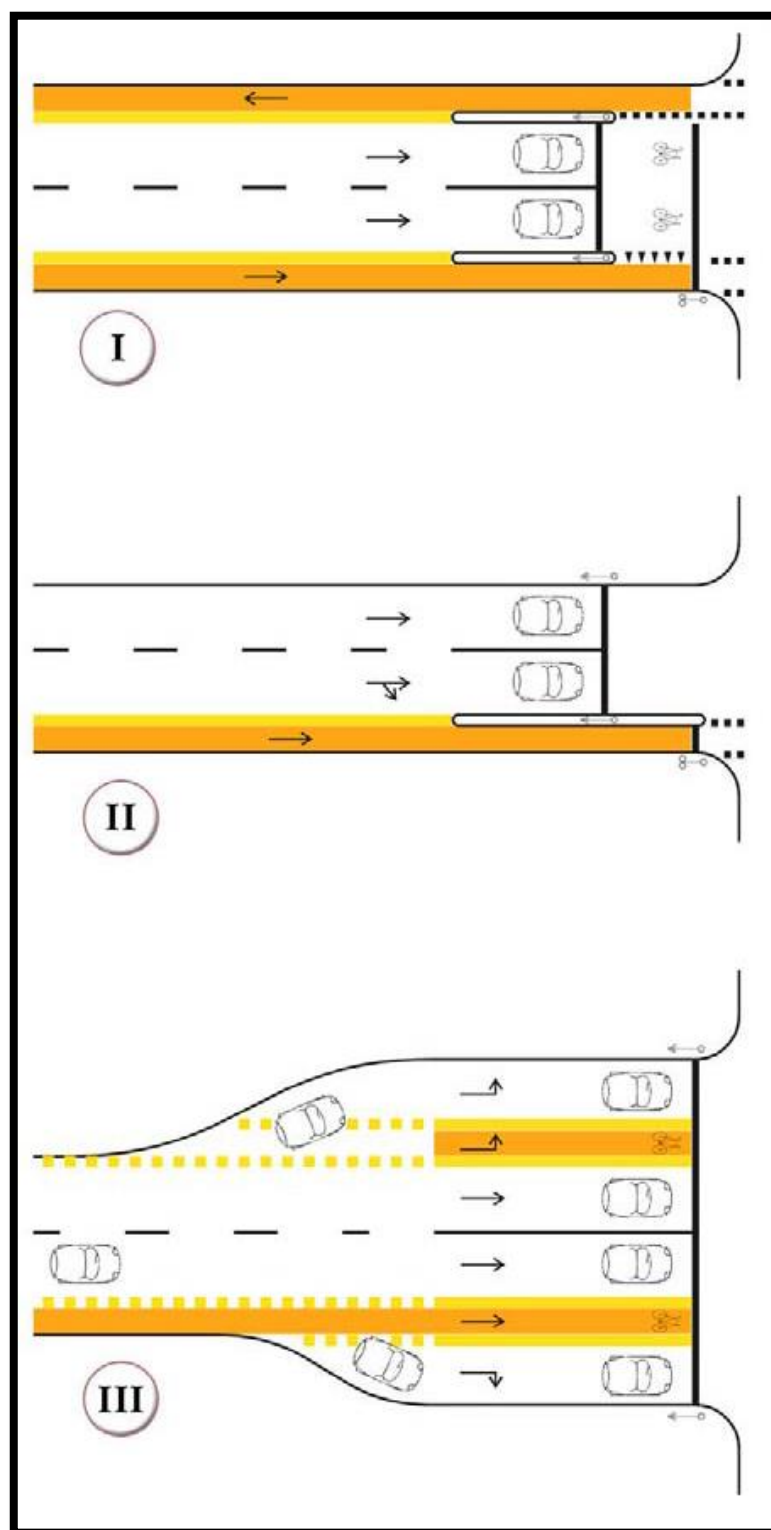


Figura 3.50, Ciclobandas Unidireccionales con Virajes.

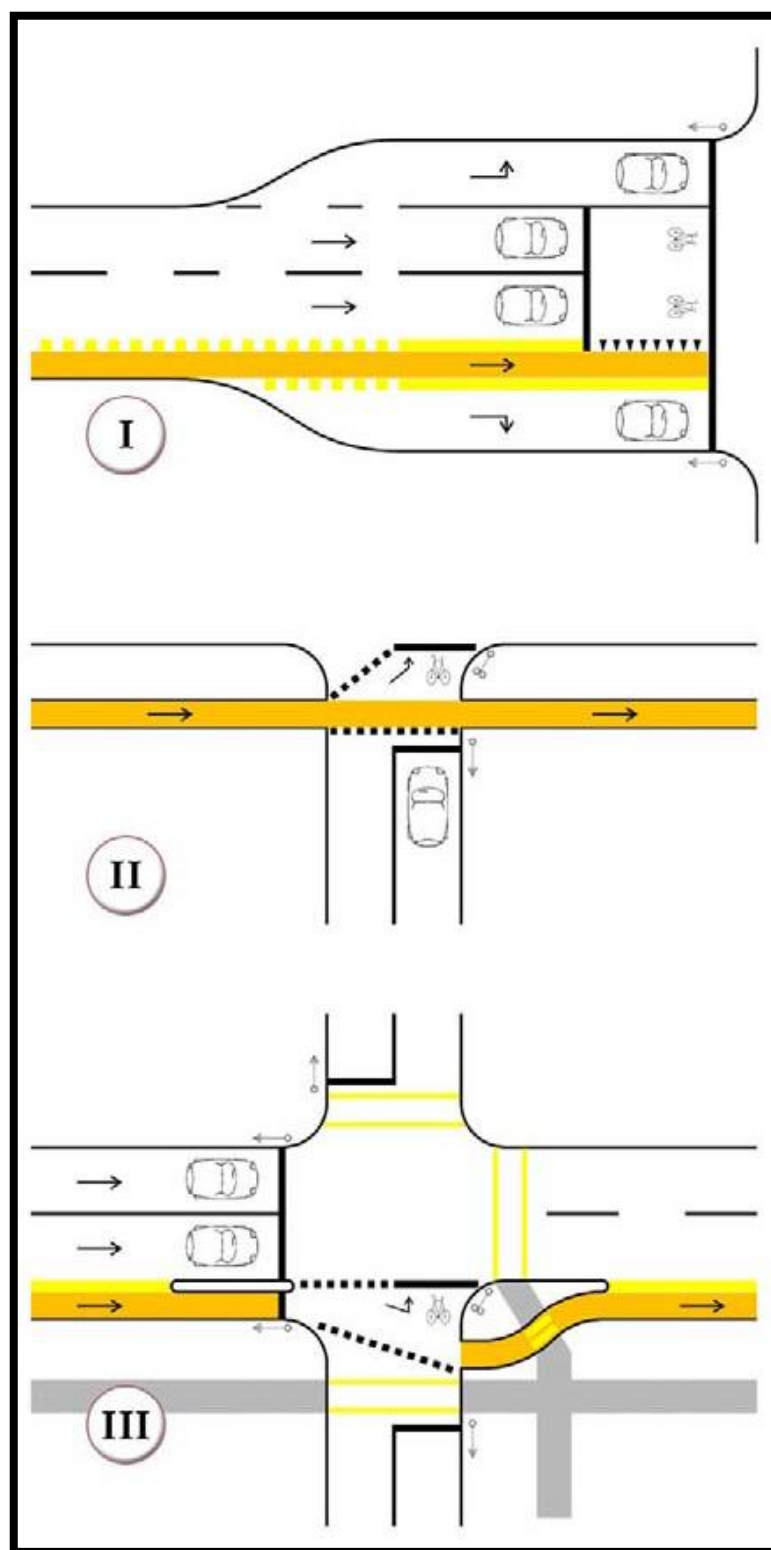


Figura 3.51, Ciclovías Unidireccionales con Virajes.

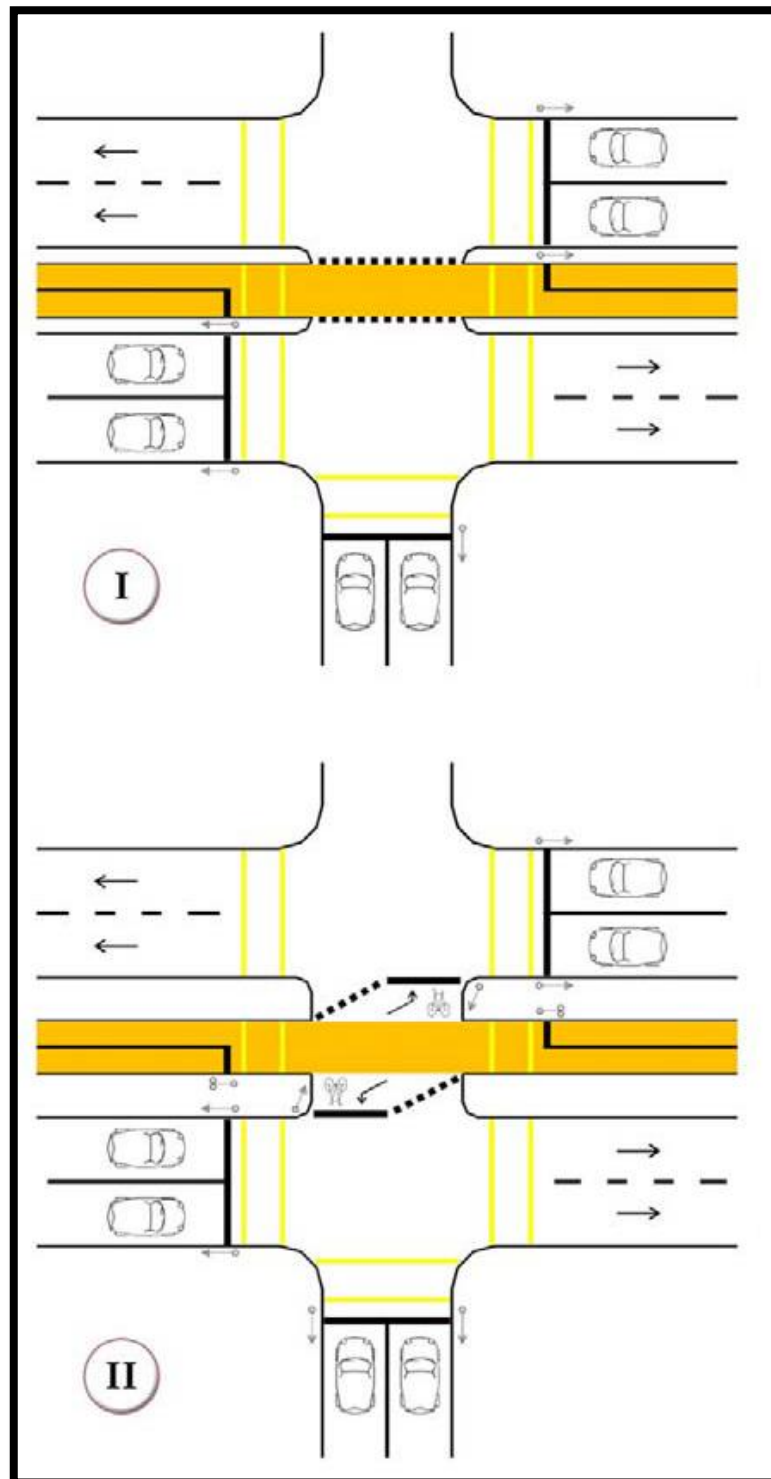
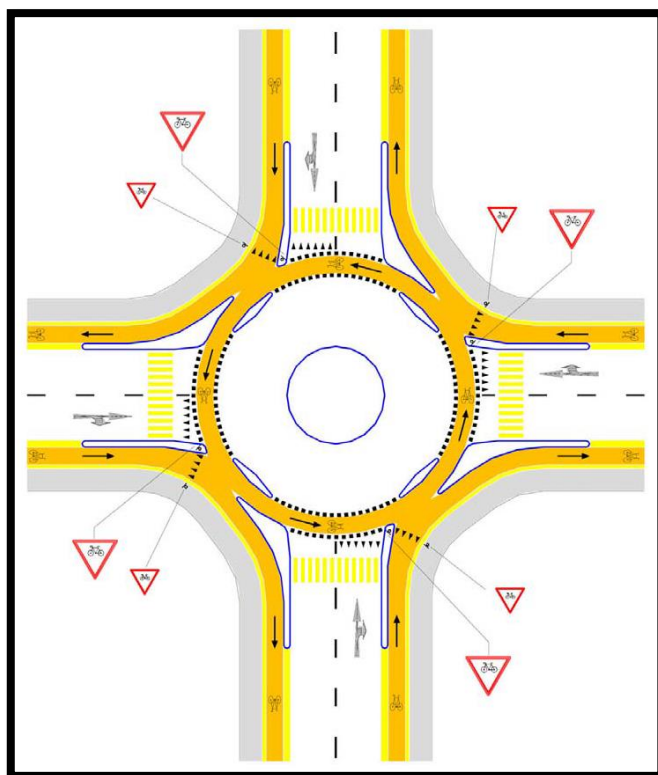
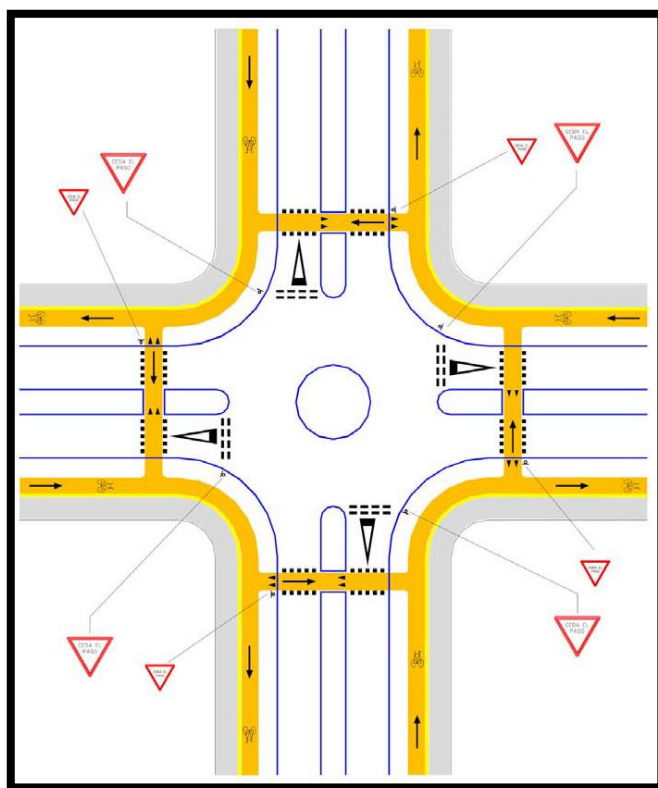


Figura 3.52, Cruces en Mediana de Ciclopistas Bidireccionales.



**Figura 3.53, Rotonda con Prioridad para Ciclistas.**



**Figura 3.54, Rotonda sin Prioridad para Ciclistas.**

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS**

#### **4.1. Descripción y Funciones de los Pavimentos**

##### **4.1.1 El Pavimento**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo, 2002, p.1)

##### **4.1.2 Características que debe reunir un Pavimento**

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos: (Montejo, 2002, p.1)

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Deben presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permiten una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Deber ser durable.



- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

### 4.1.3 Clasificación de los Pavimentos

#### Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimento están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades de cada obra. (Montejo, 2002, p.2)

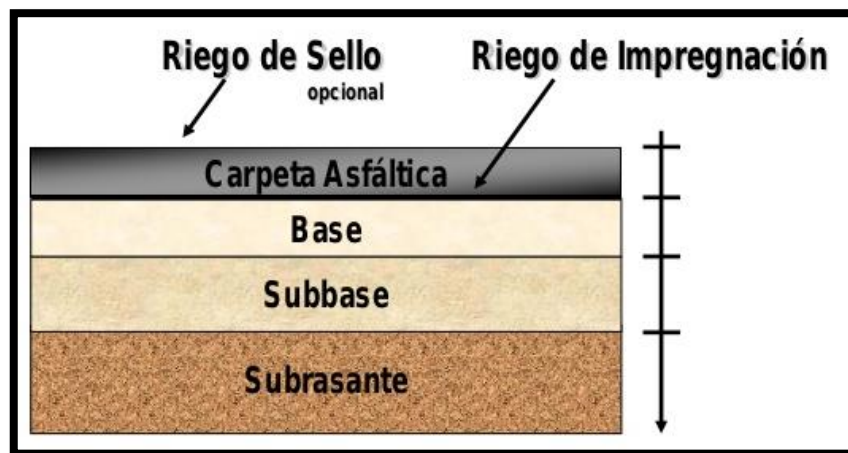


Figura 4.1, Sección Transversal de un Pavimento Flexible.

#### Funciones de las capas

##### La Subbase Granular

- **Función económica.** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, es espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido

con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resultar más económica. (Montejo, 2002, p.4)

- **Capa de transición.** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad. (Montejo, 2002, p.4)
- **Disminución de las deformaciones.** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento. (Montejo, 2002, p.4)
- **Resistencia.** La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante. (Montejo, 2002, p.4)
- **Drenaje.** En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar. (Montejo, 2002, p.4)

### **La Base Granular**

- **Resistencia.** La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. (Montejo, 2002, p.4)

- **Función económica.** Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base. (Montejo, 2002, p.4)

### **Carpeta Asfáltica**

- **Superficie de rodamiento.** La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. (Montejo, 2002, p.4)
- **Impermeabilidad.** Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento. (Montejo, 2002, p.5)
- **Resistencia.** Se resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento. (Montejo, 2002, p.5)

### **Pavimentos Rígidos**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce por poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (Montejo, 2002, p.5)



**Figura 4.2, Sección Transversal de un Pavimento Rígido.**

## **Funciones de las capas**

### **La Subbase Granular**

- La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas. (Montejo, 2002, p.5)
- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento. (Montejo, 2002, p.7)
- Facilitar los trabajos de pavimentación. (Montejo, 2002, p.7)
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento. (Montejo, 2002, p.7)
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento. (Montejo, 2002, p.7)
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante. (Montejo, 2002, p.7)

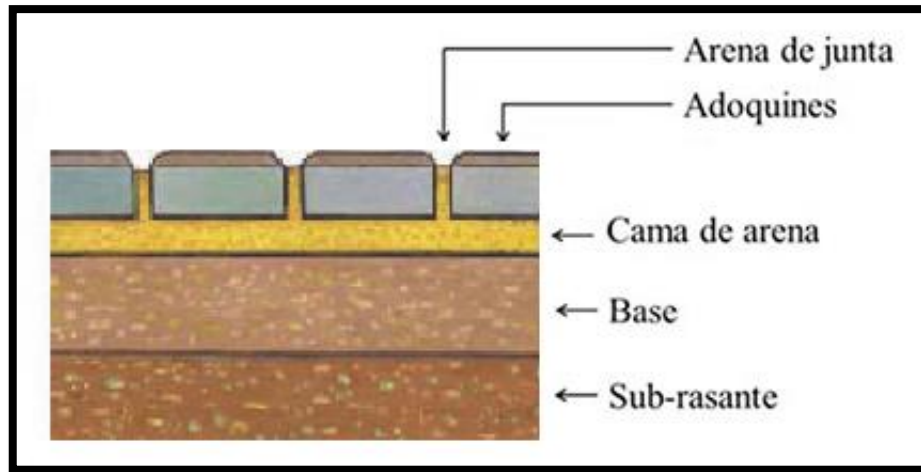
### **Losa de concreto**

- Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen. (Montejo, 2002, p.7)

## **Pavimentos Semiflexibles o Articulados**

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a

su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento. (Montejo, 2002, p.7)



**Figura 4.3, Sección Transversal de un Pavimento Articulado.**

#### **Funciones de las capas**

##### **La Base Granular**

- Es la capa colocada entre la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa le da mayor espesor y capacidad estructural al pavimento. Puede estar compuesta por dos o más capas de materiales seleccionados. (Montejo, 2002, p.5)

##### **Capa de arena**

- Es una capa de poco espesor, de arena gruesa y limpia que se coloca directamente sobre la base; sirve de asiento a los adoquines y como filtro para el agua que eventualmente pueda penetrar por las juntas entre ellos. (Montejo, 2002, p.7)

##### **Adoquines**

- Deben tener una resistencia adecuada para soportar las cargas del tránsito, y en especial, el desgaste producido por éste. (Montejo, 2002, p.8)

### Sello de arena

- Está constituido por arena fina que se coloca como llenante de las juntas entre los adoquines; sirve como sello de las mismas y contribuye al funcionamiento, como un todo, de los elementos de la capa de rodadura. (Montejo, 2002, p.8)

## 4.2. Variables para el Diseño

### 4.2.1 Período de Diseño

En este aparte se incluye la escogencia de los datos de entrada para los períodos de análisis (período de diseño = período de análisis) que afectarán o restringirán el diseño del pavimento desde el punto de vista del tiempo. Es decir, permiten seleccionar diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que duren todo el período de análisis hasta construcción por etapas con una estructura inicial y colocación de sobrecapas programadas. (Montejo, 2002, p.263)

- **Período de diseño:** Es el tiempo que dura una estructura inicial de pavimento antes de que requiera rehabilitación. También se refiere al lapso entre dos rehabilitaciones sucesivas. (Montejo, 2002, p.263)
- **Período de análisis.** Se refiere al período para el cual se va a adelantar el análisis, es decir, el transcurso de tiempo que cualquier estrategia de diseño debe cubrir. El período de análisis es análogo al término “período de diseño”. (Montejo, 2002, p.263)

**Cuadro 4.1, Periodos de Diseño en Función del Tipo de Carretera.**

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

#### 4.2.2 Análisis del Tráfico

El método de diseño se basa en el número de ejes equivalentes de 18 Kips en el carril de diseño ( $W_{18}$ ). (Montejo, 2002, p.263)

Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas para determinar la carga total sobre una superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura.

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos.

El número y composición de los ejes se determina a partir de la siguiente información:

- Periodo de diseño.
- Distribución de ejes solicitantes en cada rango de cargas.
- Tránsito medio diario anual de todos los vehículos TMDA o TPDA.
- Tasas de crecimiento anuales de cada tipo de vehículo.
- Sentido del tráfico.
- Número de carriles por sentido de tráfico.
- Porcentaje del tránsito sobre el carril más solicitado.
- Índice de serviciabilidad.
- Factores de equivalencia de carga.

#### **Tránsito Medio Diario Anual**

- El TMDA representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito aforados durante un año, en forma diferenciada para cada tipo de vehículo.

### Clasificación de los Vehículos

- Automóviles.
- Buses.
- Camiones de dos ejes.
- Camiones de más de dos ejes.
- Remolques.
- Semiremolques.

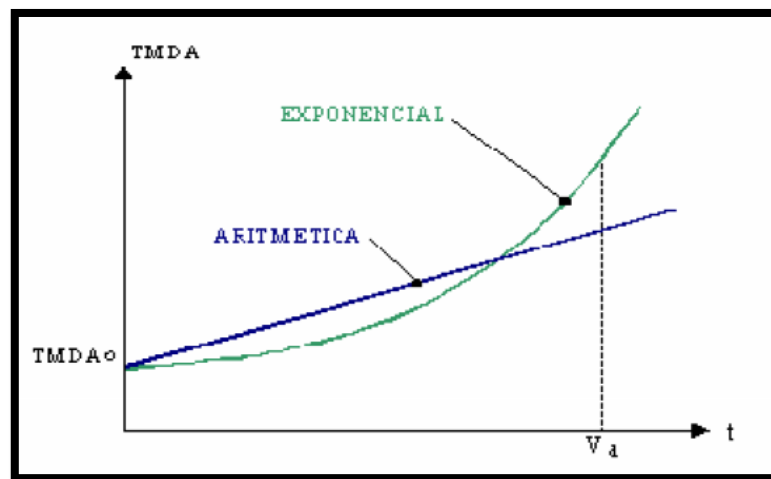
### Tasa de Crecimiento

- Representa el crecimiento promedio anual del TMDA. Generalmente las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo.

### Proyección del Tránsito

- El tránsito puede proyectarse en el tiempo en forma aritmética con un crecimiento constante o exponencial mediante incrementos anuales.

### Modelos de Crecimiento



**Figura 4.4, Modelos de Crecimiento.**

- En la **Figura 4.4**, se observa que la proyección aritmética supone un crecimiento más rápido en el corto plazo y se subestima el tránsito en el largo plazo.
- En base a las estadísticas es conveniente definir que curva se ajusta mejor al tránsito generado por una carretera.



### **Factor de Crecimiento**

- La guía AASTHO recomienda calcular el factor de crecimiento para el tráfico de todo el período de diseño:

$$FC = \frac{(1 + r)^P - 1}{r}$$

*Donde:*

*p* : Período de diseño.

*r* : Tasa de crecimiento.

### **Distribución Direccional**

- A menos que existan consideraciones especiales, se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección. En algunos casos puede variar de 0,3 a 0,7 dependiendo de la dirección que acumula mayor porcentaje de vehículos cargados.

### **Factor de Distribución por Carril**

- En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución es 100%. Para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista.

**Cuadro 4.2, Factor de Distribución por Carril.**

No. carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño ( <i>F<sub>c</sub></i> )
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASTHO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### **Tránsito Equivalente**

- Los resultados obtenidos por la AASTHO en sus tramos de prueba mostraron que el daño que producen distintas configuraciones de ejes y cargas, puede representarse por un número equivalente de pasadas de un eje patrón de rueda doble de 18 kips (80 KN u 8,2 Ton.) que producirá un daño similar a toda la composición del tráfico.

### **Factores Equivalentes de Carga (LEF)**

- La conversión del tráfico a un número de ESAL's de 18 kips (Equivalent Single Axis Loads) se realiza utilizando factores equivalentes de carga LEFs (Load Equivalent Factor). Estos factores fueron determinados por la AASHTO en sus tramos de prueba, donde pavimentos similares se sometieron a diferentes configuraciones de ejes y cargas, para analizar el daño producido y la relación existente entre estas configuraciones y cargas a través del daño que producen.
- El factor equivalente de carga LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad ocasionada por una determinada carga de un tipo de eje y la producida por el eje patrón de 18 kips.

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs de 18 kips que producen una pérdida de serviciabilidad } \Delta PSI}{N^{\circ} \text{ de ejes de X kips que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

### **Factor de Camión**

- Para expresar el daño que produce el tráfico, en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo. De este criterio nace el concepto de Factor de Camión, que se define como el número de ESAL's por número de vehículo. Este factor puede ser calculado para cada tipo de camiones, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico.

$$Factor \text{ de Camión} = TF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs}}{N^{\circ} \text{ de camiones}}$$

- Se ha demostrado que el eje delantero tiene una mínima influencia en el daño producido en el pavimento, por ejemplo, en el ahuellamiento, la fisuración y la pérdida de serviciabilidad su participación varía de 0,13 al 2,1 %. Por esta razón el eje delantero no está incluido en los factores de equivalencia de carga, lo cual no afecta a la exactitud del cálculo.

- Para el cálculo del tránsito, el método considera los ejes equivalentes simples de 18 kips (8,2 Ton) acumulados durante el período de diseño, en el carril de diseño, utilizando la siguiente ecuación:

$$W_{18} = F_d \times F_c \times \bar{W}_{18}$$

**Donde:**

$W_{18}$  : Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 18 kips (8,2 Ton), en el carril de diseño.

$F_d$  : Factor de distribución direccional (50% para la mayoría de las carreteras).

$\bar{W}_{18}$  : Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

$F_c$  : Factor de distribución por carril (**Cuadro 4.2**).

- Una vez calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año se deberá estimar, sobre la base de la tasa de crecimiento anual y del período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados, los cuales se multiplican por el factor de camión para obtener los ESAL's de diseño.

#### 4.2.3 Número Total de Ejes Simples Equivalentes (ESAL's)

Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$ESAL'_S = \left( \sum_{i=1}^m p_i \times F_i \times P \right) \times (TPD) \times (FC) \times F_d \times F_c \times 365$$

**Donde:**

$p_i$  : Porcentaje del total de repeticiones para el  $i$  – ésimo grupo de vehículos o cargas.

$F_i$  : Factor de equivalencia de carga por eje, del  $i$  – ésimo grupo de eje de carga.

$P$  : Promedio de ejes por camión pesado.

$TPD$  : Tránsito promedio diario.

$FC$  : Factor de crecimiento para un período de diseño en años.

$F_d$  : Factor direccional.

$F_c$  : Factor de distribución por carril.

#### 4.2.4 Nivel de Confianza y Desviación Estándar

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

**Cuadro 4.3, Valores del Nivel de Confianza R de acuerdo al tipo de camino.**

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

La esquematización del comportamiento real del pavimento y la curva de diseño propuesta por la AASHTO tienen la misma forma, pero no coinciden. La falta de coincidencia se debe a los errores asociados a la ecuación de comportamiento propuesta y a la dispersión de la información utilizada en el dimensionamiento del pavimento. Por esta razón la AASHTO adoptó un enfoque regresional para ajustar estas dos curvas. De esta forma los errores se representan mediante una desviación estándar  $S_o$ , para compatibilizar los dos comportamientos. El factor de ajuste entre las dos curvas se define como el producto de la desviación normal  $Z_R$ , por la desviación estándar  $S_o$ .

**Cuadro 4.4, Factor de Desviación Normal.**

Confiabilidad	$Z_R$	Confiabilidad	$Z_R$
50	0	92	-1,405
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327

Fuente: Guía para el Diseño y la Construcción de Pavimentos Rígidos

Si la construcción se va a realizar por etapas, la vida útil ha de ser menor al periodo de análisis (vida útil < periodo de análisis), en este caso se deben considerar las confiabilidades de todo el periodo de diseño, de donde resulta que:

$$R_{etapa} = (R_{total})^{1/n}$$

$n$  = número de etapas previstas

Una vez elegido un nivel de confianza y obtenidos los resultados del diseño, éstos deberán ser corregidos por dos tipos de incertidumbre: la confiabilidad de los parámetros de entrada, y de las propias ecuaciones de diseño basadas en los tramos de prueba. Para este fin, se considera un factor de corrección que representa la desviación estándar, de manera reducida y simple, este factor evalúa los datos dispersos que configuran la curva real de comportamiento del pavimento.

El rango de desviación estándar sugerido por AASHTO se encuentra entre los siguientes valores:

$$0.40 \leq S_0 \leq 0.50$$

$S_0$  = desviación estándar

#### 4.2.5 Coeficiente de Drenaje $C_d$

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje, la AASHTO define cinco capacidades de drenaje.

**Cuadro 4.5, Capacidad del Drenaje.**

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

De acuerdo a las capacidades de drenaje la AASHTO establece los factores de corrección  $m_2$  (bases) y  $m_3$  (sub-bases granulares sin estabilizar), los cuales están dados en el **Cuadro 4.6**, en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

**Cuadro 4.6, Valores  $m_i$  para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Subbase sin tratamiento, en pavimentos flexibles.**

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

### 4.3. Criterios de Comportamiento

#### 4.3.1 Serviciabilidad

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc, que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

- Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
- El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.

- La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
- Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
- El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial. del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en ingles).

El PSI califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores de 0 a 5. Claro está, que, si el usuario observa agrietamientos o deterioros sobre la superficie del camino aún sin apreciar deformaciones, la clasificación decrece.

**Cuadro 4.7, Índice de Serviciabilidad.**

PSI	Calificación
0,0	Intransitable
0,1 - 1,0	Muy malo
1,1 - 2,0	Malo
2,1 - 3,0	Regular
3,1 - 4,0	Bueno
4,1 - 4,9	Muy bueno
5,0	Excelente

El diseño estructural basado en la serviciabilidad, considera necesario determinar el índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) y el índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ), para la vida útil o de diseño del pavimento.

#### **Índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ )**

El índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO

estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de 4.5, si es que no se tiene información disponible para el diseño.

### **Índice de serviciabilidad final ( $P_t$ )**

El índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ), ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario.

**Cuadro 4.8, Índice de Serviciabilidad Final.**

<b>Pt</b>	<b>Clasificación</b>
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

La pérdida de serviciabilidad se define como la diferencia entre el índice de servicio inicial y terminal.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Los factores que influyen mayormente en la pérdida de serviciabilidad de un pavimento son: tráfico, medio ambiente y edad del pavimento. Los efectos que causan estos factores en el comportamiento del pavimento han sido considerados en este método. El factor edad (tiempo) no está claramente definido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es un factor negativo neto que contribuye a la reducción de la serviciabilidad. El efecto del medio ambiente considera situaciones donde se encuentran arcillas expansivas o levantamientos por helada. Así, el cambio total en el PSI en cualquier momento puede ser obtenido sumando los efectos dañinos del tráfico, arcillas expansivas y/o levantamientos por helada. Tal como lo muestra la siguiente figura.



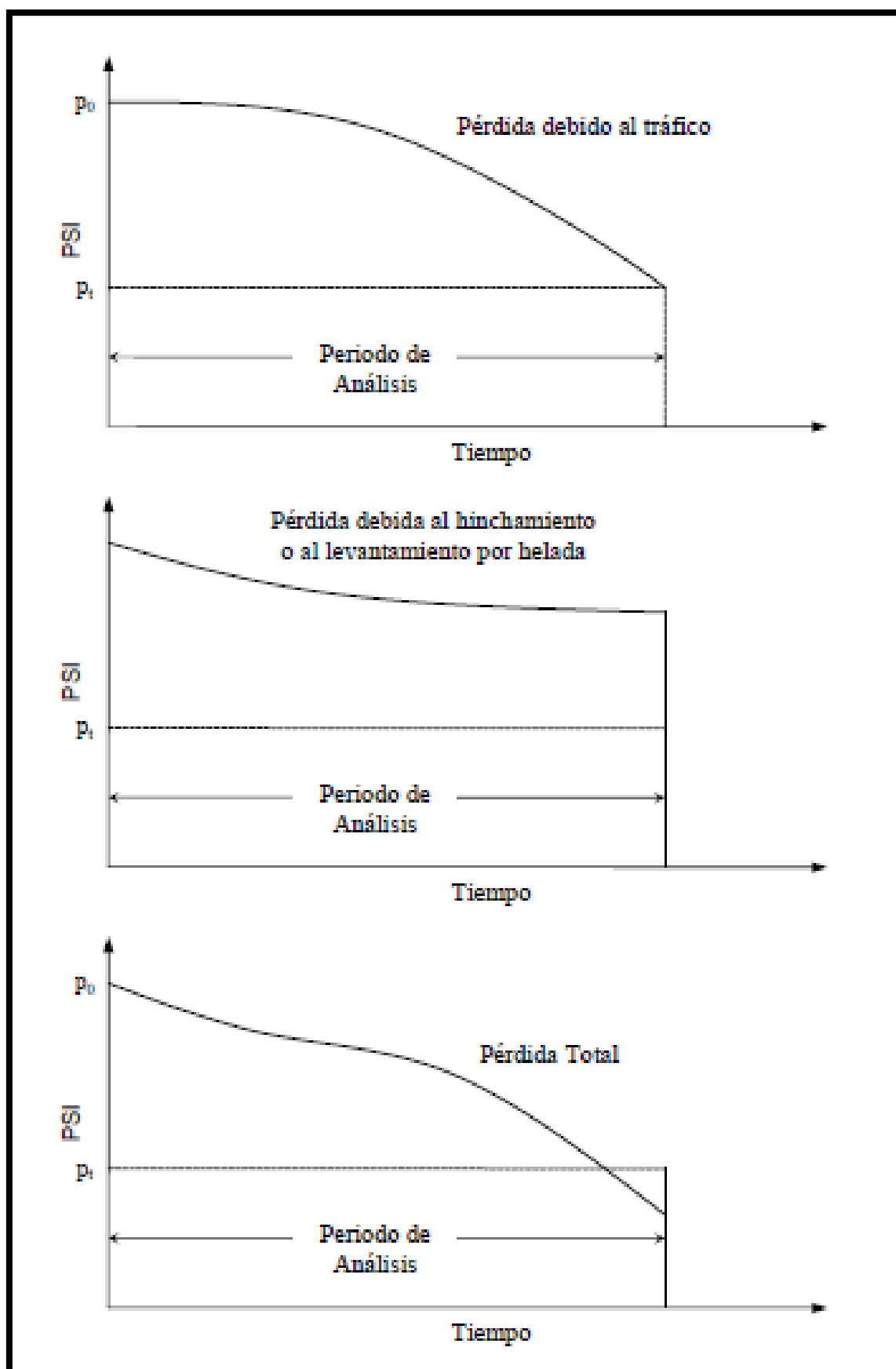


Figura 4.5, Tendencia en el comportamiento de los pavimentos.

## 4.4. Diseño de Pavimentos Flexibles y Semiflexibles (Método AASHTO – 93)

### 4.4.1 Propiedades de los Materiales

#### Módulo de Resiliencia

Para el diseño de pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad R.

Durante el año se presentan variaciones en el contenido de humedad de la subrasante, las cuales producen alteraciones en la resistencia del suelo, para evaluar esta situación es necesario establecer los cambios que produce la humedad en el módulo resiliente.

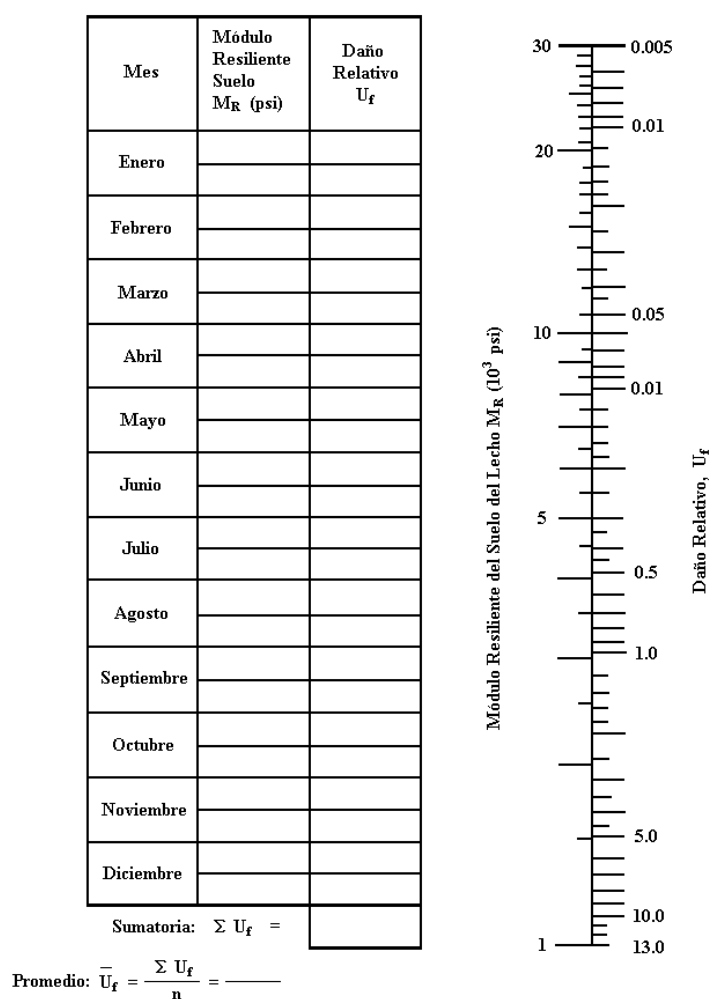


Figura 4.6, Ábaco para la determinación del Daño Relativo.

Con este fin se obtienen módulos resilientes para diferentes contenidos de humedad que simulen las condiciones que se presentan en el transcurso del año, en base a los resultados se divide el año en periodos en los cuales el MR es constante.

Para cada valor de MR se determina el valor del daño relativo, utilizando el ábaco de la **Figura 4.6** o la siguiente expresión:

$$U_f = 1.18 \times 10^8 \times M_R^{-2.32}$$

Con los resultados de los daños relativos se obtiene el valor promedio anual. El módulo de resiliencia que corresponda al  $U_f$  promedio es el valor que se debe utilizar para el diseño. Si no se tiene la posibilidad de obtener esta información se puede estimar el valor del  $M_R$  en función del CBR.

### **Relación C.B.R. – Módulo de Resiliencia**

Con los valores del CBR se pueden obtener los módulos resilientes utilizando las relaciones siguientes:

- CBR < 15% (Shell)
- MR (MPa) = 10 CBR K = Tiene una dispersión de valores de 4 a 25
- MR (psi) = 1500 CBR K = Tiene una dispersión de valores de 750 a 3000
- MR (MPa) = 17,6 CBR<sup>0,64</sup> (Powell et al)

El Instituto del Asfalto mediante ensayos de laboratorio realizados en 1982, obtuvo las relaciones siguientes:

**Cuadro 4.9, Relación CBR – Módulo de Resiliencia.**

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>% CBR</b>	<b><math>M_R</math> en (psi)</b>
Arena	31	46500
Limo	20	30000
Arena magra	25	37500
Limo - arcilla	25	37500
Arcilla limosa	8	11400
Arcilla pesada	5	7800

#### 4.4.2 Ecuación Básica para el Diseño de Pavimentos Flexibles y Semiflexibles (Articulados)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

**Donde:**

$W_{18}$  : Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 18 kip.

$Z_R$  : Desviación estandar normal.

$S_0$  : Error estandar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento de la estructura.

$\Delta PSI$  : Diferencia ente el índice de serviciabilidad inicial de diseño  $P_0$  y el índice de serviciabilidad terminal de diseño  $P_t$ .

$M_R$  : Módulo resiliente (psi)

$SN$  : Es igual al número estructural indicativo del espesor total del pavimento requerido.

#### Determinación de Espesores por Capas

La estructura del pavimento flexible está formada por un sistema de varias capas, por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias. Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad de soporte, equivalente al número estructural de diseño. Para este fin se utiliza la siguiente ecuación que permite obtener los espesores de la capa de rodamiento o carpeta, de la capa base y de la sub-base:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

**Donde:**

$a_1$  : Coeficiente de capa  $i$ .

$D_i$  : Espesor de capa  $i$  (pulgadas).

$m_i$  : Coeficiente de drenaje de la capa  $i$ .

Los coeficientes de capa  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Resiliente, Texas Triaxial, Valor R y CBR, tal como se muestra en las siguientes figuras:

- Para carpeta asfáltica. (a<sub>1</sub>) **Figura 4.7**
- Para bases granulares. (a<sub>2</sub>) **Figura 4.8**
- Para subbases granulares. (a<sub>3</sub>) **Figura 4.9**
- Para bases estabilizadas con cemento **Figura 4.10**
- Para bases estabilizadas con asfalto **Figura 4.11**

Para capas estabilizadas con cemento o asfalto y para la superficie de rodadura de concreto asfáltico, el método no considera una posible influencia de la calidad del drenaje, por lo que en la ecuación de diseño solo intervienen los valores de  $m_2$  y  $m_3$ .

**Cuadro 4.10, Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes.**

Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes	Carpetas De Concreto Asfáltico	Bases Granulares
Menos de 50,000	1,0 ó T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,001 – 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 – 7'000,000	3,5	6,0
Mayor de 7'000,000	4,0	6,0

T.S. = Tratamiento superficial

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

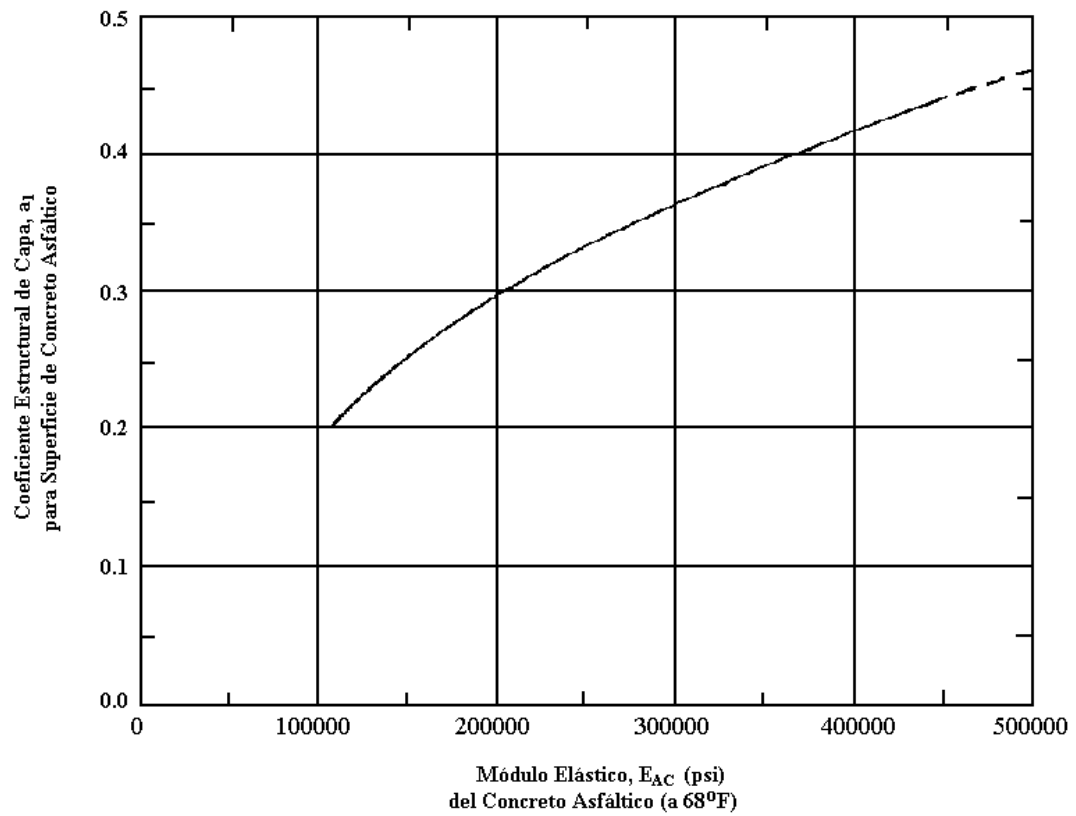
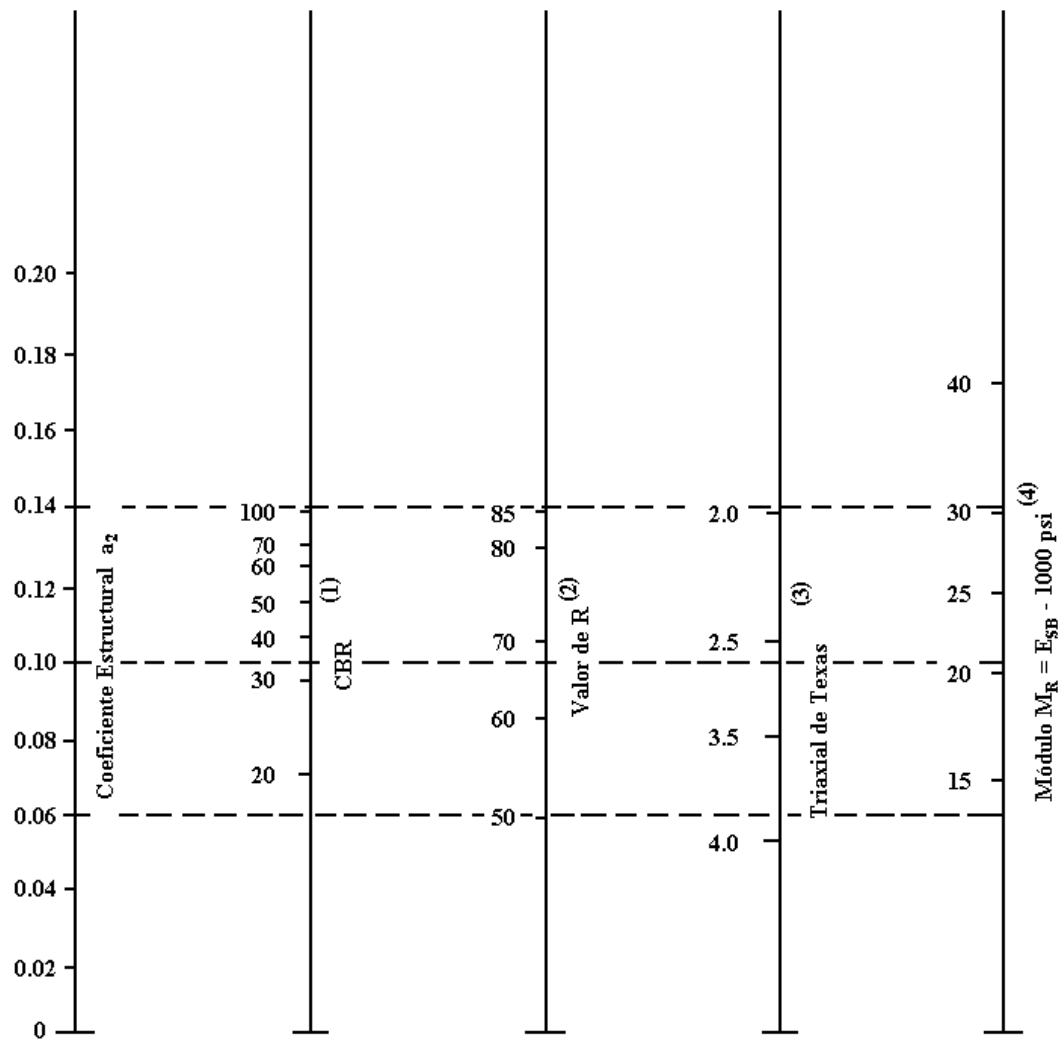
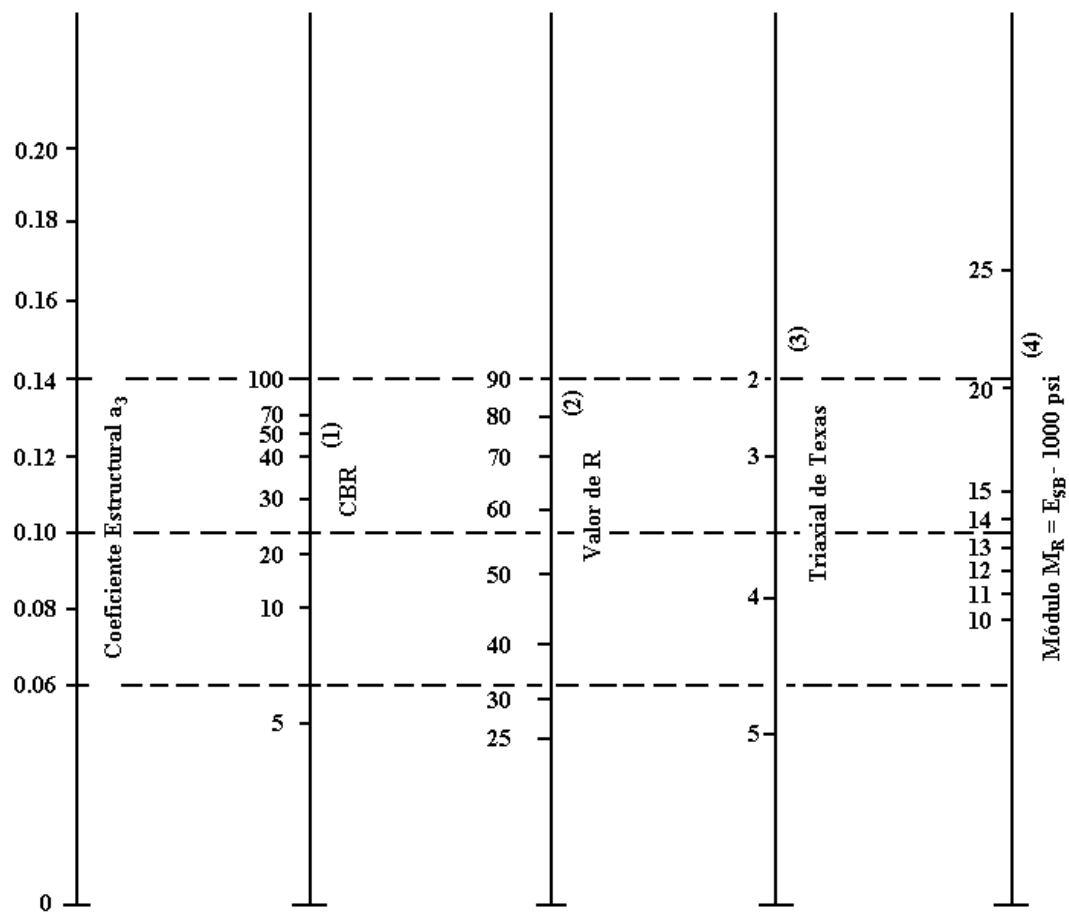


Figura 4.7, Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “ $a_1$ ”.



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.  
 (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.  
 (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.  
 (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

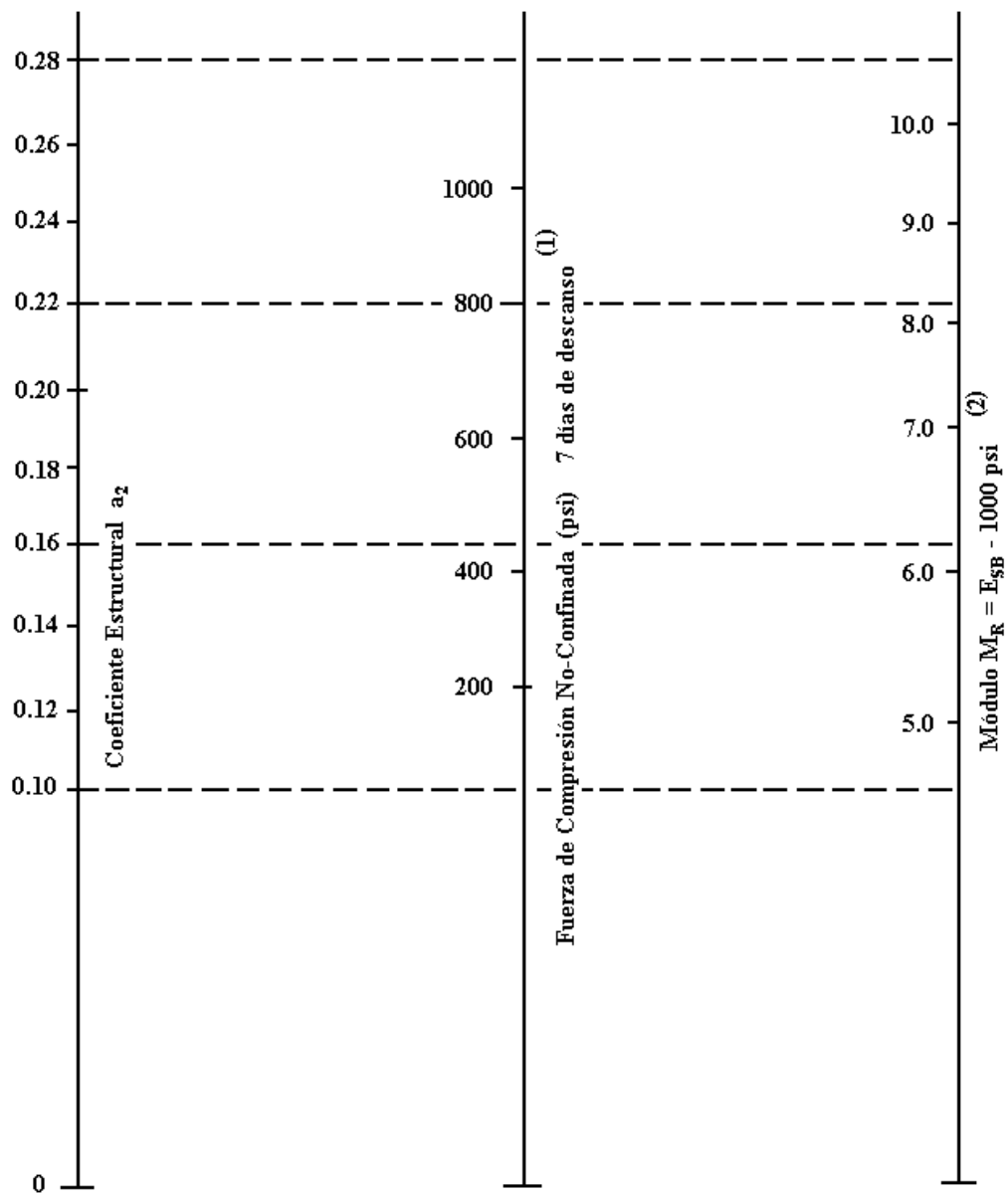
Figura 4.8, Ábaco para estimar el número estructural de la capa base granular “ $a_2$ ”.



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.  
 (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.  
 (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.  
 (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

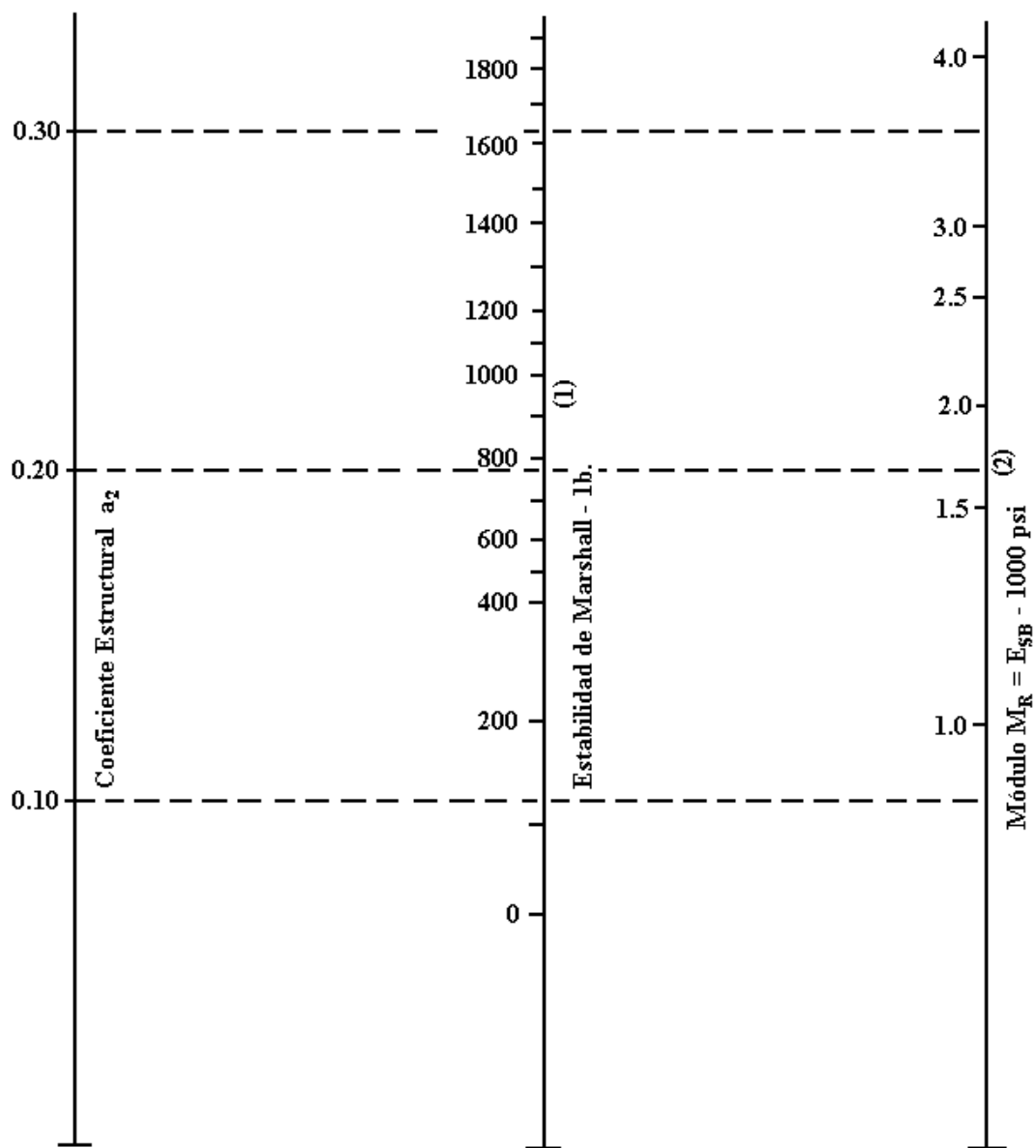
**Figura 4.9, Ábaco para estimar el número estructural de la capa sub base granular “a3”.**





- (1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois, Louisiana y Texas.  
 (2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

**Figura 4.10, Ábaco para estimar el número estructural de la capa base estabilizada con cemento.**



(1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois.

(2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

**Figura 4.11, Ábaco para estimar el número estructural de la capa base estabilizada con asfalto.**

## 4.5. Diseño de Pavimentos Rígidos (Método AASHTO – 93)

### 4.5.1 Propiedades de los Materiales

#### Módulo de Reacción de la Subrasante (K)

Este factor nos da idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci).

Puesto que la prueba de carga sobre placa, requiere tiempo y es costosa, el valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón de soporte california (CBR) o las pruebas de valores R. El resultado es válido porque no se requiere la determinación exacta del valor k; las variaciones normales para un valor estimado no afectarán apreciablemente los requerimientos de espesores del pavimento. Las relaciones de la **Figura 4.12** son satisfactorias para propósitos de diseño.

#### Módulo de Rotura del Concreto

Es un parámetro muy importante como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, ya que va a controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones. Se le conoce también como resistencia a la tracción del concreto por flexión.

El módulo de rotura requerido por el procedimiento de diseño es el valor medio determinado después de 28 días utilizando el ensayo de carga en los tercios. De esta manera, se obtiene en el tercio medio una zona sometida a un momento flector constante igual a  $PL/3$  y la rotura se producirá en cualquier punto de este tercio medio con la única condición que exista allí una debilidad. Este ensayo es recomendable frente al ensayo de carga en el punto medio, en el cuál la rotura se producirá indefectiblemente en dicho punto (punto de aplicación de la carga) donde el momento flector es máximo.

El módulo de rotura también se puede determinar a través de las siguientes correlaciones:

1. Estimación a través de la resistencia a compresión del concreto.

$$S'_c = k \times (f'_c)^{0.5}$$
$$7 < k < 12$$

**Donde:**

$f'_c$  : Resistencia a compresión del concreto en psi.

2. Estimación a través de la resistencia a la tracción indirecta.

$$S'_c = 210 + 1.02 \times IT$$

**Donde:**

$IT$  : Tracción indirecta medida en las probetas en psi.

Los valores del módulo de rotura varían entre 2.8 MPa (400 psi) y 4.8 MPa (700 psi), llegando incluso a valores de 8.2 MPa (1200 psi), en concretos con alta resistencia inicial.

### **Módulo de Elasticidad del Concreto**

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto. En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura. Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

$$E_c = 57000 \times (f'_c)^{0.5}$$

**Donde:**

$E_c$  y  $f'_c$  están dados en psi.

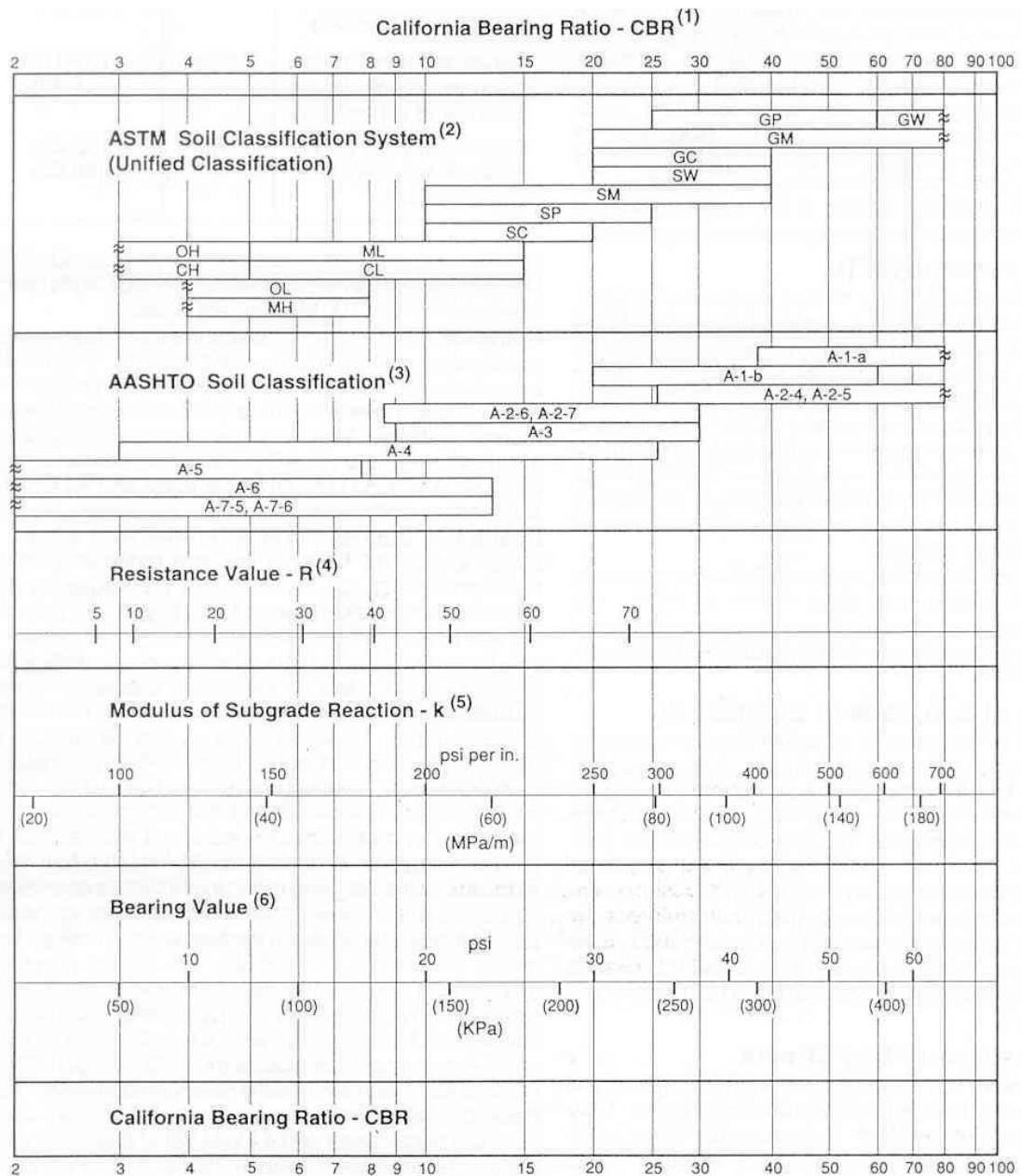


Figura 4.12, Relación aproximada entre los valores k y otras propiedades del suelo.

#### 4.5.2 Ecuación Básica para el Diseño de Pavimentos Rígidos

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times p_t) \times \log_{10} \left[ \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

**Donde:**

- $W_{18}$  : Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 18 kip.
- $Z_R$  : Desviación estandar normal.
- $S_0$  : Error estandar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento de la estructura.
- $D$  : Espesor (en pulgadas) de la losa del pavimento.
- $\Delta PSI$  : Diferencia ente el índice de serviciabilidad inicial de diseño  $P_0$  y el índice de serviciabilidad terminal de diseño  $P_t$ .
- $S'_c$  : Módulo de rotura (psi) para concreto de cemento portland usado en un proyecto específico.
- $J$  : Coeficiente de transferencia de carga usado para adaptarse a las características de transferencia de carga de un proyecto específico.
- $C_d$  : Coeficiente de drenaje.
- $E_c$  : Módulo de elasticidad (psi) para concreto de cemento portland.
- $k$  : Módulo de reacción de la subrasante (pci).

#### 4.5.3 Juntas

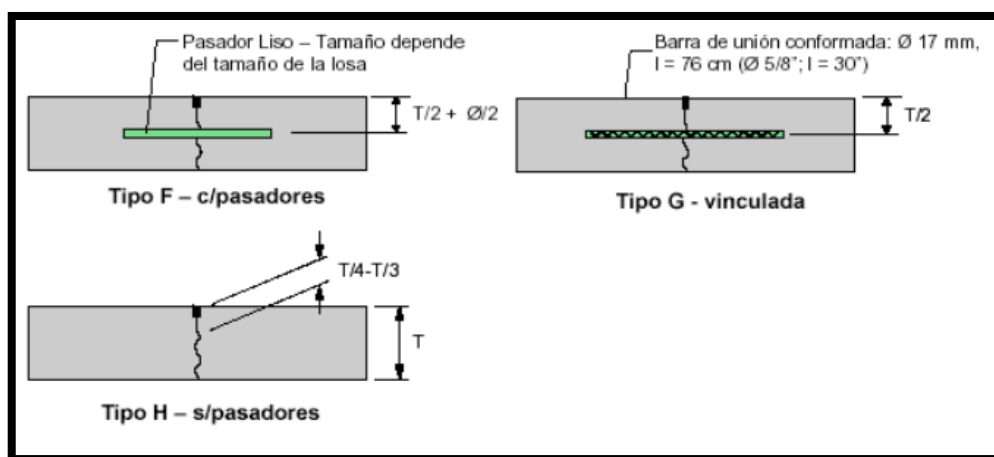
La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas.

### **Juntas de Contracción**

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados.



**Figura 4.13, Tipos de juntas de contracción.**

### **Juntas de Construcción**

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales.

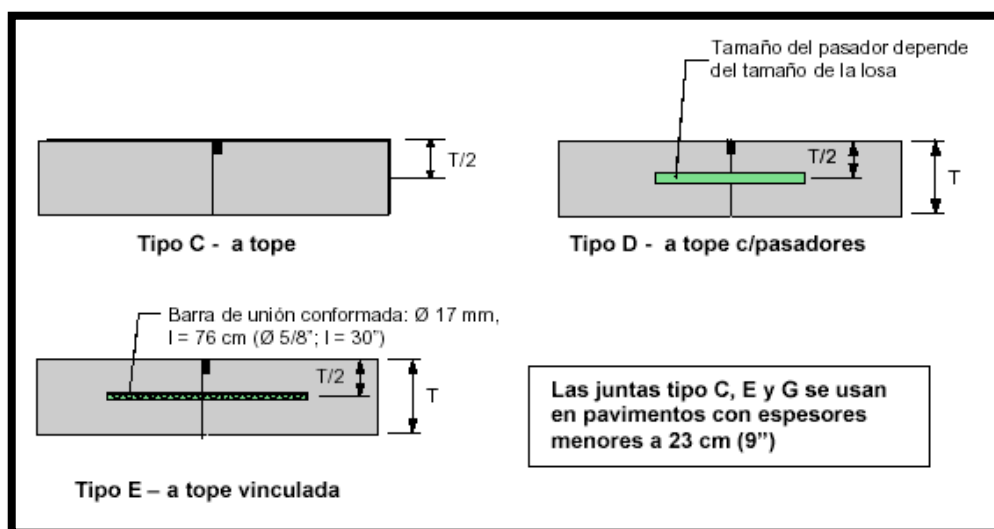


Figura 4.14, Tipos de juntas de construcción.

### Juntas de Expansión o Aislación

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura. También se utilizan para aislar estructuras existentes.

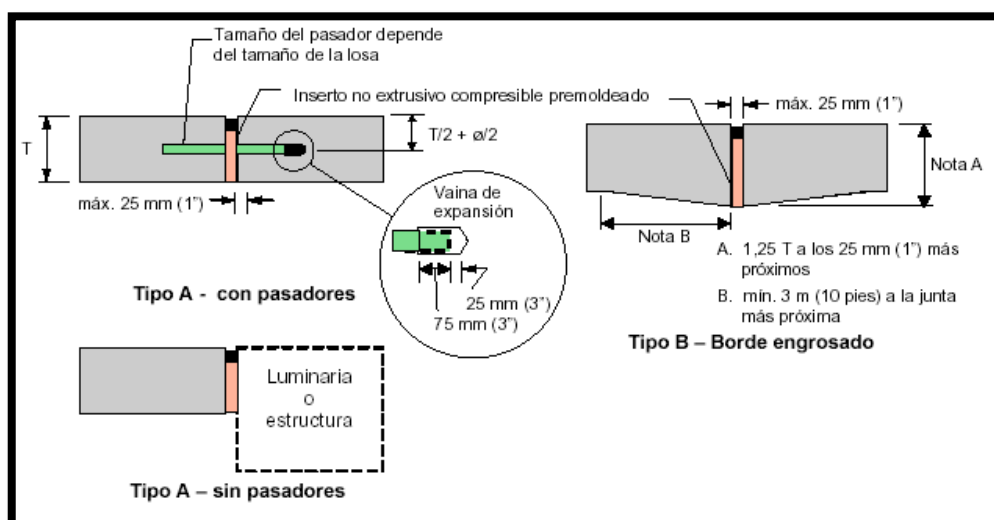


Figura 4.15, Tipos de juntas de expansión.



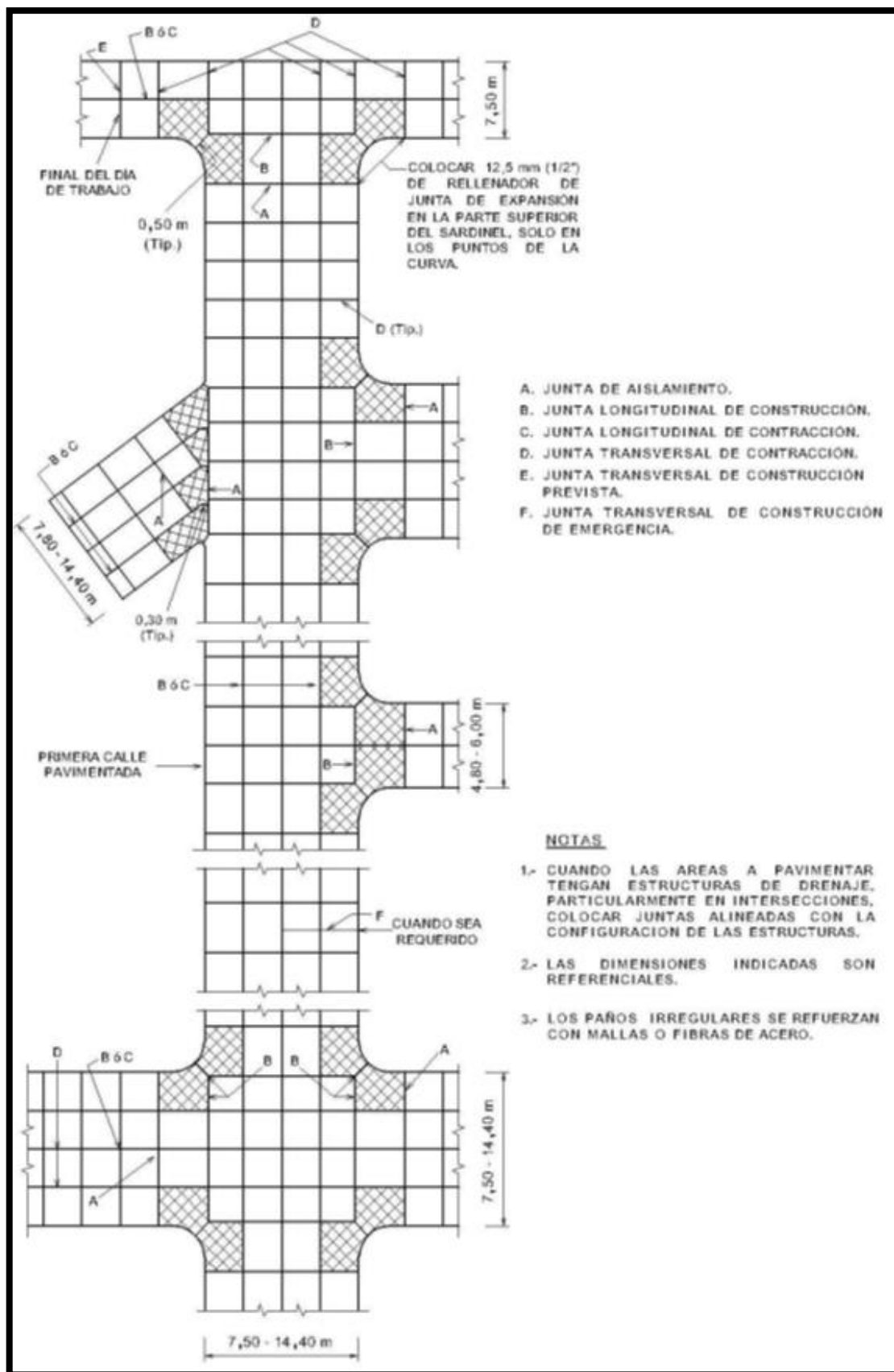


Figura 4.16, Ejemplo de distribución de juntas en pavimentos de concreto hidráulico.

#### 4.5.4 Sellos

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de éstas (descascamientos).

En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo de control de tránsito en cada aplicación del sello, en todo el período económico de análisis. El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello. Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma – losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que sus movimientos son considerablemente menores. Se podría optimizar enormemente el costo del proyecto considerando esto en la selección del sello.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad.
- Deformabilidad.
- Resiliencia.
- Adherencia.
- Resistencia.
- Estable.
- Durable.

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador. Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y demás materiales extraños.
- Parta limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas. Las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza.

- Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará | sobre la cara donde se adherirá el sellador.

### **Sellos Líquidos**

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado en caliente, compuesto elastoméricos, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoseles fraguar.

Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo. También ayuda a definir el factor de forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser 25 % más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético.

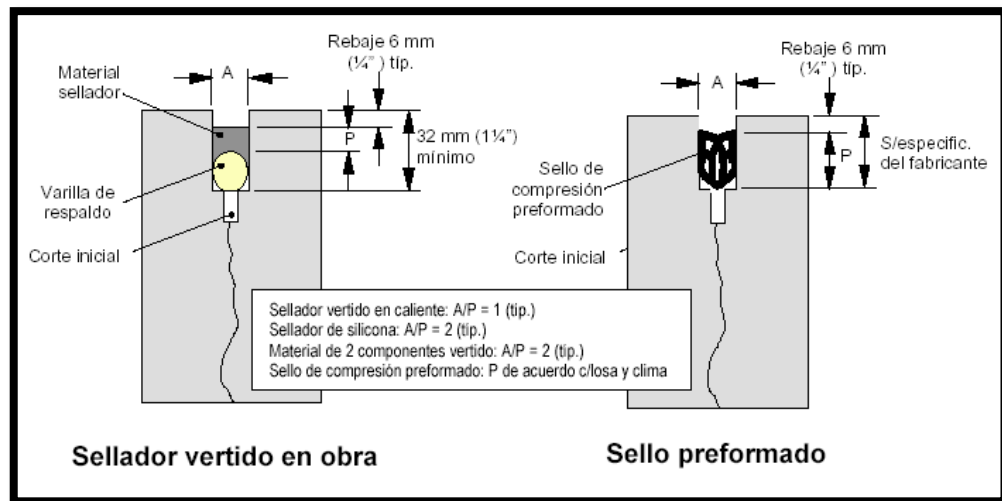
El factor de forma (relación: ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que, si éste no es el adecuado, se pueden generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acortan la vida útil de éste. Un sellador con un factor de forma inferior a uno desarrolla menos esfuerzos que un sellador con un factor de forma mayor a uno.

### **Sellos Elastoméricos Preformados**

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión.

La profundidad y ancho del reservorio dependen de la cantidad de movimiento esperado en la junta. Como regla general, la profundidad del reservorio debe exceder la profundidad del sello preformado.

Los reservorios de sellador por compresión están conformados para proporcionar un promedio de compresión del sellador de un 25 % en todo momento.



**Figura 4.17, Tipos de selladores.**

#### 4.5.5 Transferencia de Carga

Las cargas de tránsito deben ser transmitidas de una manera eficiente de una losa a la siguiente para minimizar las deflexiones en las juntas. Las deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente rotura de la losa de concreto.

El mecanismo de transferencia de carga en la junta transversal entre losa y losa se lleva a efecto de las siguientes maneras:

- Junta con dispositivos de transferencia de carga (pasadores de varilla lisa de acero) con o sin malla de refuerzo por temperatura.
- Losa vaciada monolíticamente con refuerzo continuo, (acero de refuerzo de varilla corrugada armada en ambas direcciones) no se establece virtualmente la junta transversal, tomándose en cuenta para el cálculo del acero estructural la remota aparición de grietas transversales.
- Junta transversal provocada por aserrado cuya transferencia de carga se lleva a efecto a través de la trabazón entre los agregados.

La transferencia de cargas se puede definir usando deflexiones o tensiones en la junta. La transferencia de cargas por deformaciones es:

$$LT_{\delta} = \frac{(\delta_{no\ cargada})}{\delta_{cargada}}$$

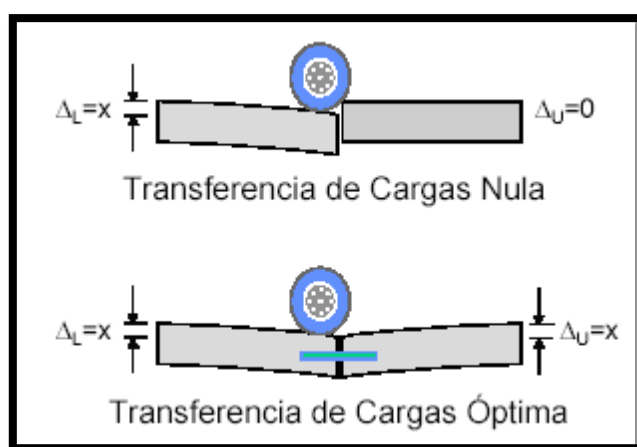
**Donde:**

$LT_{\delta}$  : Transeferencia de cargas por deformaaciones.

$\delta_{no\ cargada}$  : Deflexión de la losa adyacente no cargada.

$\delta_{cargada}$  : Deflexión de la losa cargada.

En la **Figura 4.18** se observa que una transferencia de cargas es nula, cuando la losa no cargada no experimenta ninguna deflexión, todo lo contrario, sucede cuando hay una transferencia de cargas perfecta donde la deflexión de la losa no cargada es igual a la de la losa cargada.



**Figura 4.18, Transferencia de Carga.**

La capacidad de una estructura de pavimento de concreto para transferir (distribuir) cargas a través de juntas o grietas es tomado en cuenta en el método AASHTO – 93 por medio del coeficiente de transferencia de carga J. Los dispositivos de transferencia de carga, trabazón de agregados y la presencia de bermas de concreto tienen efecto sobre este valor.

**Cuadro 4.11, Coeficiente de Transferencia de Carga J.**

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)	entre pasadores	
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

## CAPÍTULO 5

### PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO VIAL DE LA AV. LAS AMAPOLAS

#### 5.1. Propuesta Técnica para el Diseño Geométrico de la Av. Las Amapolas

##### 5.1.1 Clasificación de la Av. Las Amapolas

La Av. Las Amapolas, de acuerdo a los lineamientos que rigen las vías urbanas, está clasificada como una vía colectora. Se toma esta clasificación por ser la siguiente a la de vías locales; las cuales rodean a la Av. Las Amapolas. Además, demuestra su función, de vía colectora, uniendo transversalmente dos vías arteriales, como lo son la Av. Sullana y la Av. Los Algarrobos.

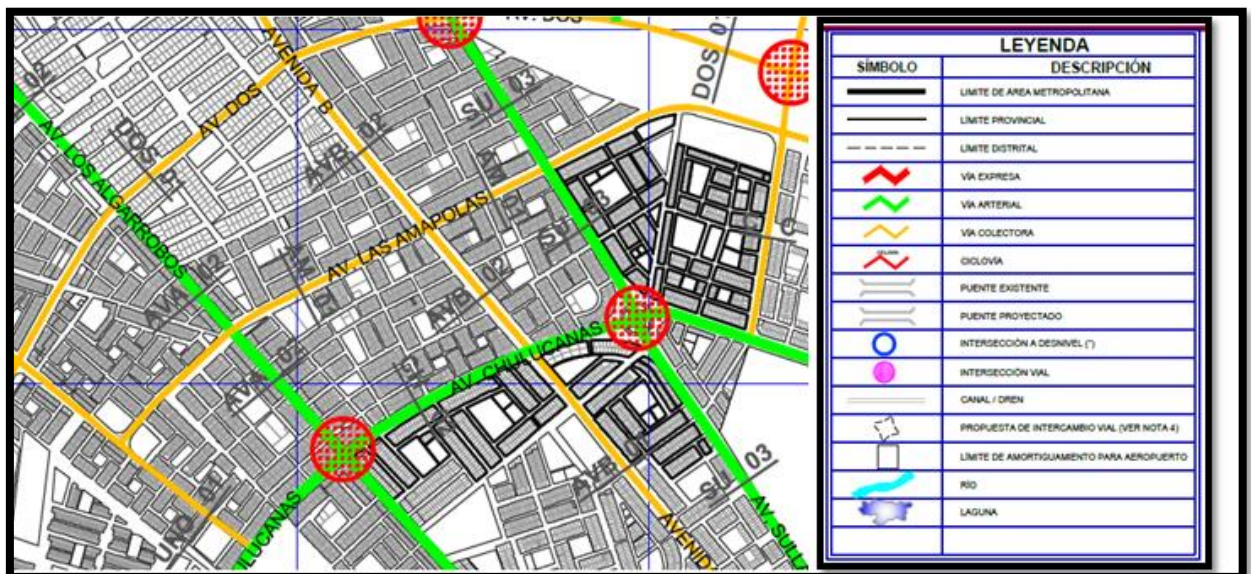


Figura 5.1, Clasificación de la Av. Las Amapolas.

##### 5.1.2 Velocidad de Diseño

Las velocidades de diseño que rigen este tipo de vías son entre 40 y 60 km/hora. Para la Av. Amapolas, siendo una vía colectora se ha considerado una velocidad específica hasta de 40 km/hora.

### 5.1.3 Características Geométricas en Secciones Transversales

#### Número de Carriles / Ancho de Calzadas

- Se están considerando 3 carriles por sentido.
- Dos carriles unidos y un carril independiente que asegurará un tráfico fluido.
- La calzada varía en un ancho de 39.50 – 42.50 metros.

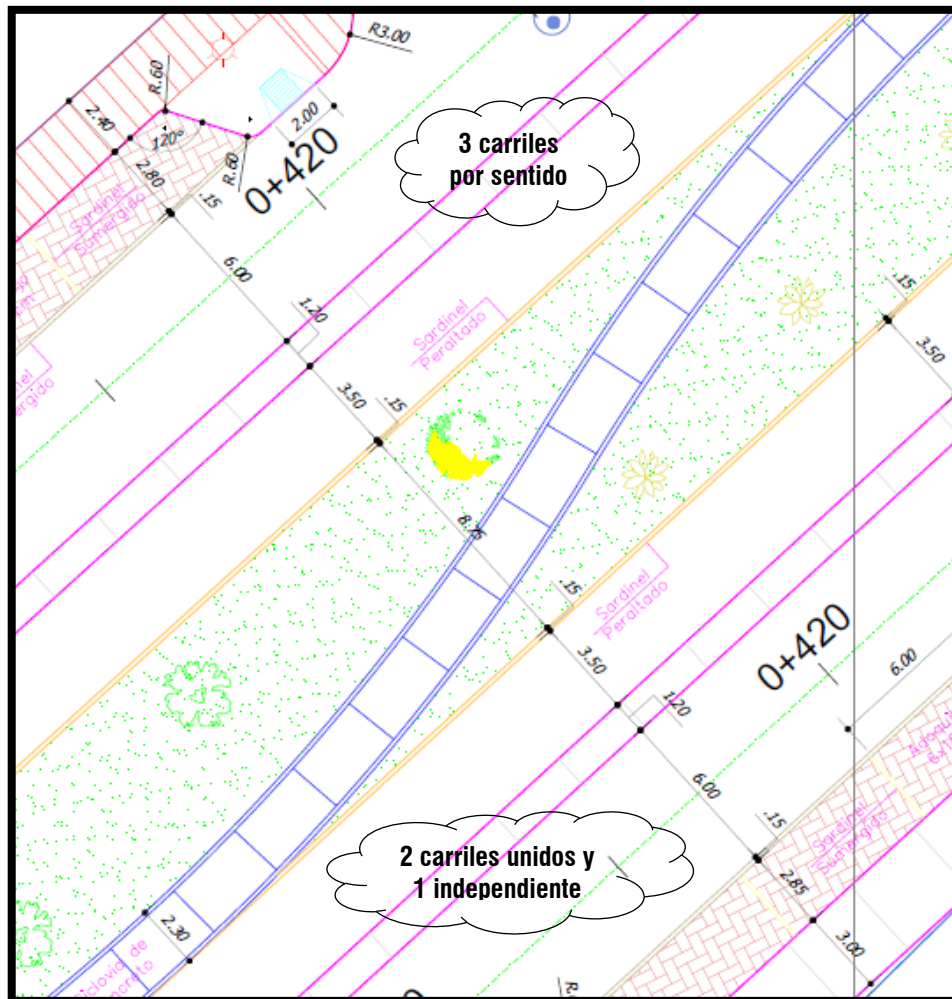


Figura 5.2, Vista del Número de Carriles / Ancho de Carriles.

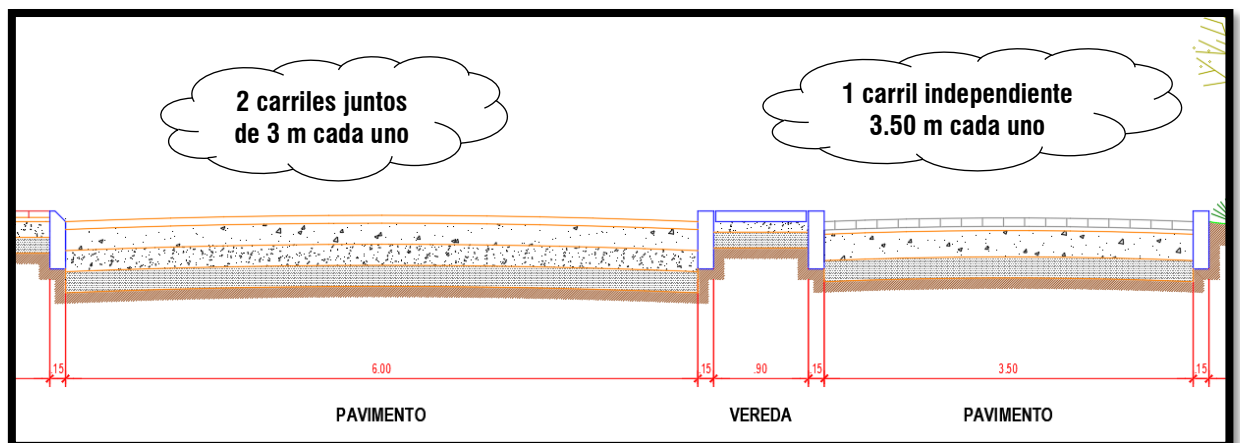
#### Ancho de Carriles

- Los carriles que operan juntos tienen un ancho de 3.00 metros.
- El carril que opera de manera individual tiene un ancho de 3.50 metros.

Se está considerando que el ancho de carriles juntos como 6.00 metros porque así lo establece el Plan de Desarrollo Urbano.

**Cuadro 5.1, Selección de Ancho de Carriles.**

CLASIFICACION DE VIAS		Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable (Mts)	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (Mts)	Ancho de dos carriles juntos (mts) (5)
	LOCAL	30 A 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	COLECTORA	40 A 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
		50 A 60	3.30	3.25	3.50	6.75
ARTERIAL		60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
		70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.0
EXPRESAS		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
		90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable



**Figura 5.3, Vista de Ancho de Carriles.**

La Municipalidad Provincial de Piura; en el Plan de Desarrollo Urbano Piura, 26 de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032 ha clasificado y proyectado las secciones transversales para las principales vías de la provincia de Piura.

Respetando esta clasificación y reconociendo que la misma es acorde a los lineamientos viales estudiados, se presenta en la **Figura 5.3** la sección de vía transversal que se asumirá para la Av. Amapolas.



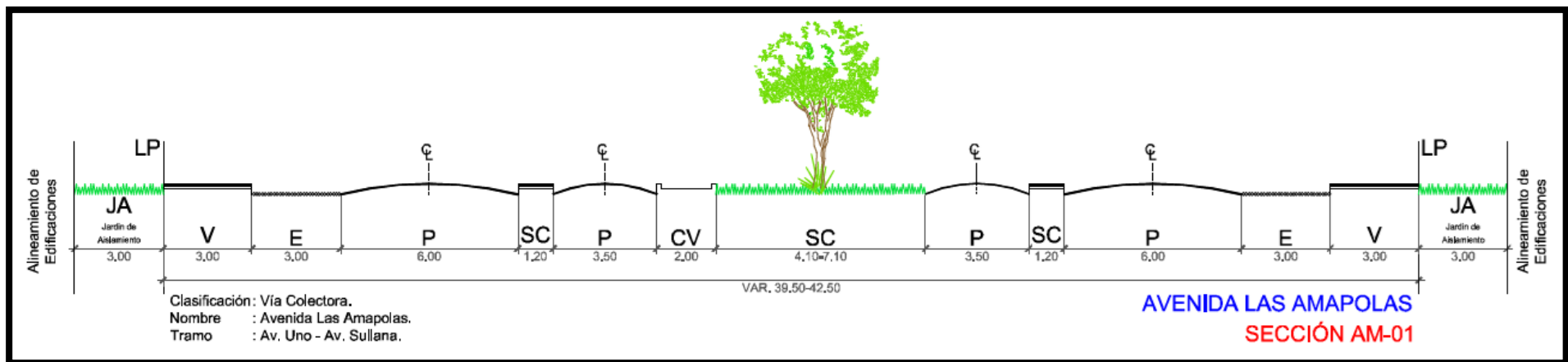


Figura 5.4, Sección Transversal de la Av. Amapolas según el Plan de Desarrollo Urbano de Piura.

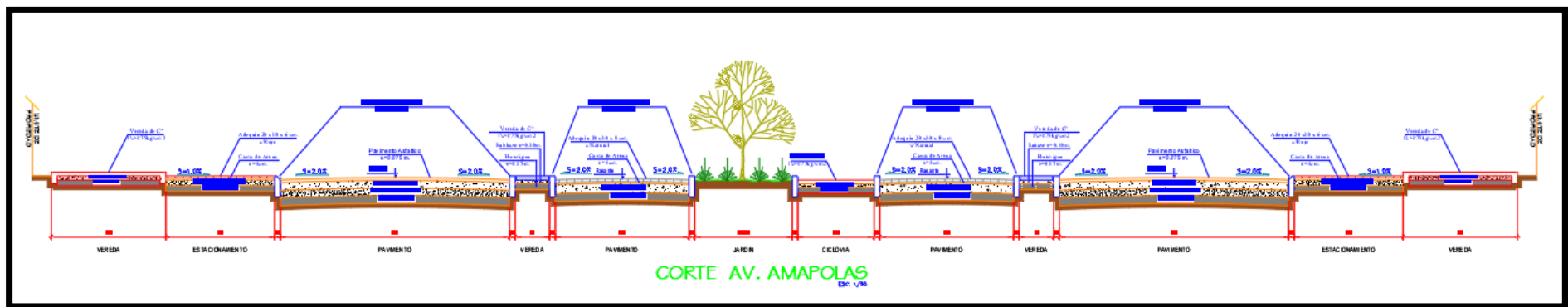


Figura 5.5, Sección Transversal de la Av. Amapolas según el Diseño Realizado.

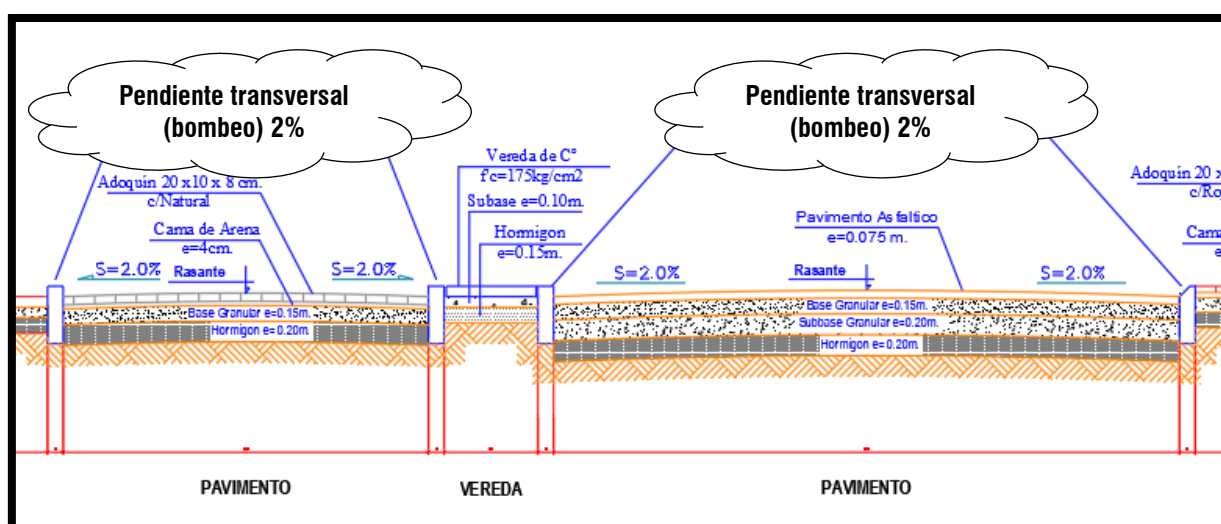
### Bombeo y Peralte (Pendiente Transversal)

- El bombeo será de 2%.

**Cuadro 5.2, Selección del Bombeo de la Calzada.**

Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3) 2.75	Bombeo %	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento superior	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5 (1)	2.5 – 3.0
Afirmado	3.0 – 3.5 (1)	3.0 – 4.9

(1) En climas definitivamente desérticos se puede rebajar los bombeos hasta un mínimo de 1.0 % para pavimentos superiores y 2% para el resto



**Figura 5.6, Bombeo de la Calzada.**

### Separadores o Bermas Centrales

- Los separadores centrales que se proyectan son veredas, jardines y la ciclovía.

### Sardineles

- Los sardineles en el caso de este proyecto se emplean para delimitar el espacio de la ciclovía, confinamiento de veredas y pavimento articulado.

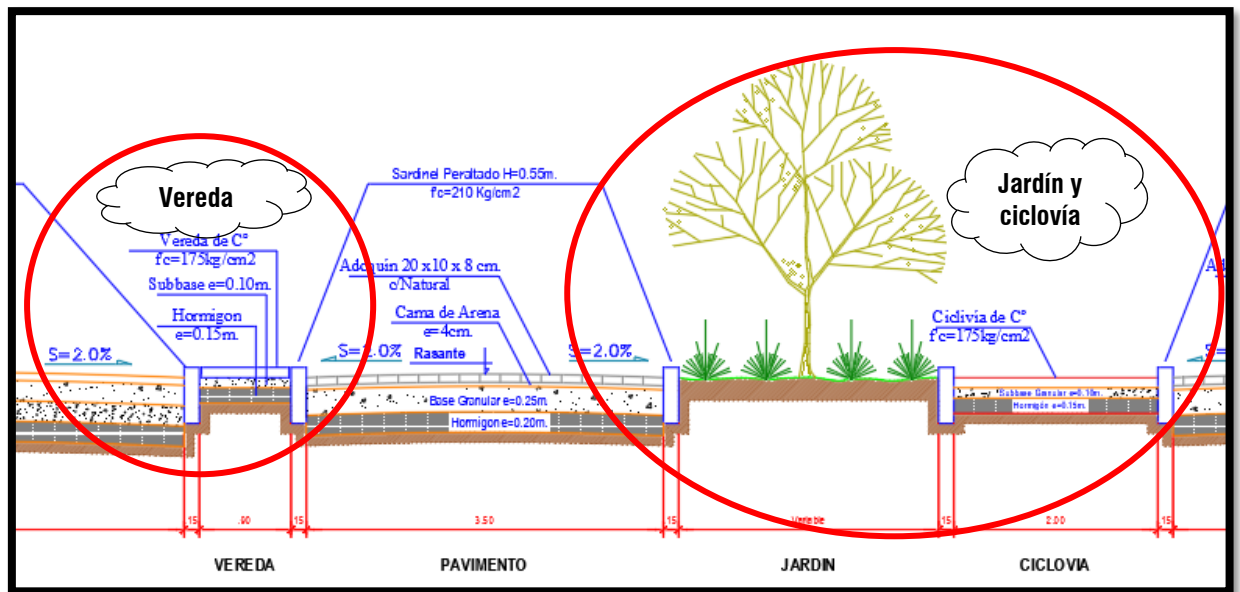


Figura 5.7, Separadores o Bermas Centrales y Sardineles.

#### 5.1.4 Características Geométricas en Perfiles Longitudinales

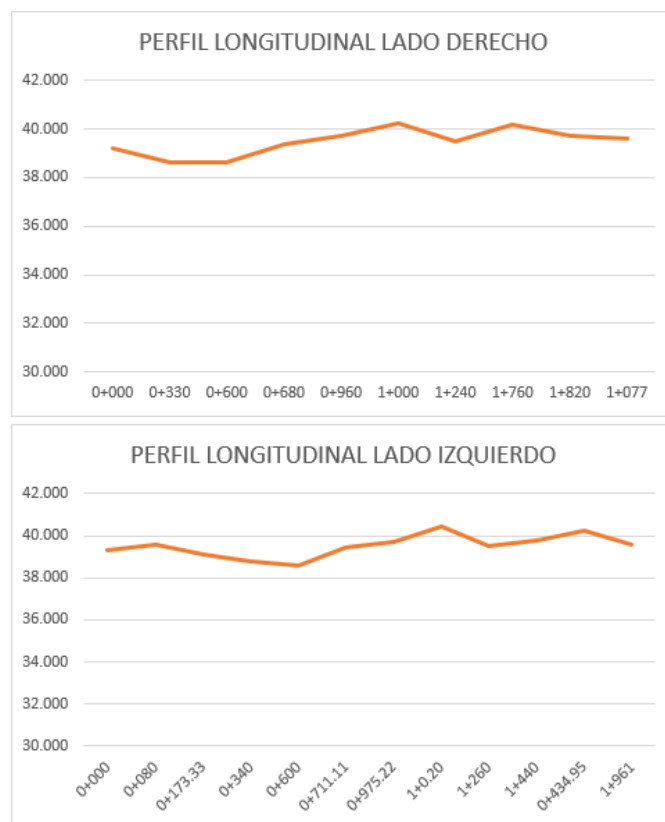


Figura 5.8, Perfiles Longitudinales Ambos Lados de la Calzada.

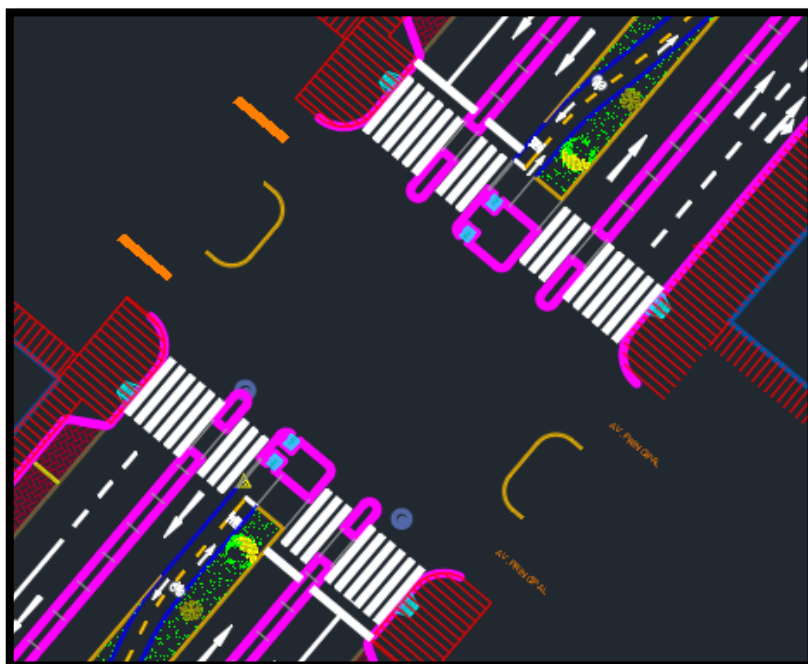
Cuadro 5.3, Pendientes Longitudinales Lado Derecho de la Calzada.

LADO DERECHO									
PROGRESIVA	0+000		0+330		0+600		0+680		0+960
COTA DE RASANTE	39.200		38.639		38.600		39.400		39.735
PENDIENTE		S=-0.17%		S=-0.02%		S=1.00%		S=0.11%	
									S=1.50%
									S=-0.34%
									S=0.14%
									S=-0.84%
									S=-0.06%
									I+077

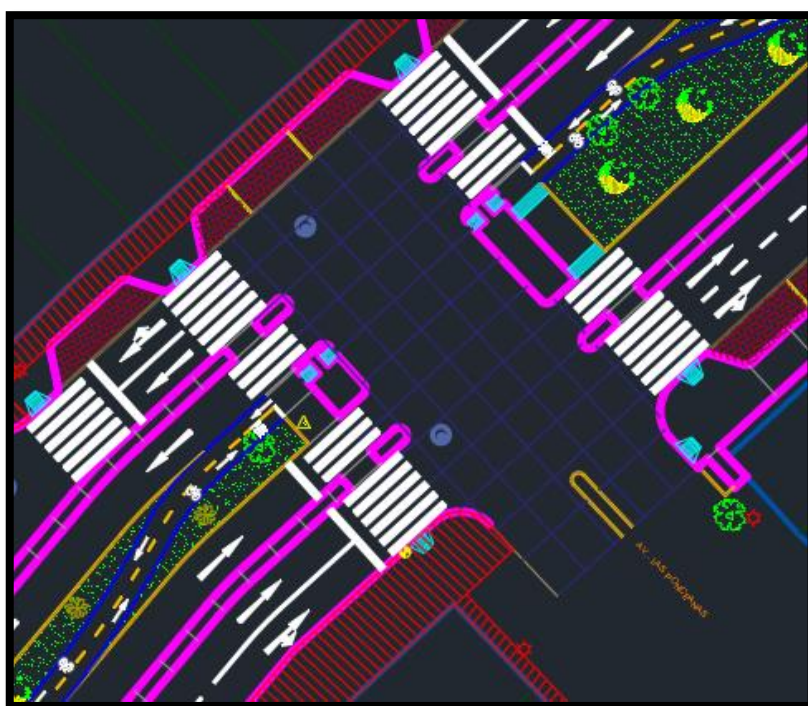
Cuadro 5.4, Pendientes Longitudinales Lado Izquierdo de la Calzada.

LADO IZQUIERDO									
PROGRESIVA	0+000		0+080		0+173.33		0+340		0+600
COTA DE RASANTE	39.300		39.600		39.133		38.800		38.600
PENDIENTE		S=0.38%		S=-0.50%		S=-0.20%		S=-0.08%	
									S=0.75%
									S=0.11%
									S=1.75%
									S=-0.42%
									S=0.16%
									S=0.16%
									S=-0.28%
									I+961

### 5.1.5 Intersecciones



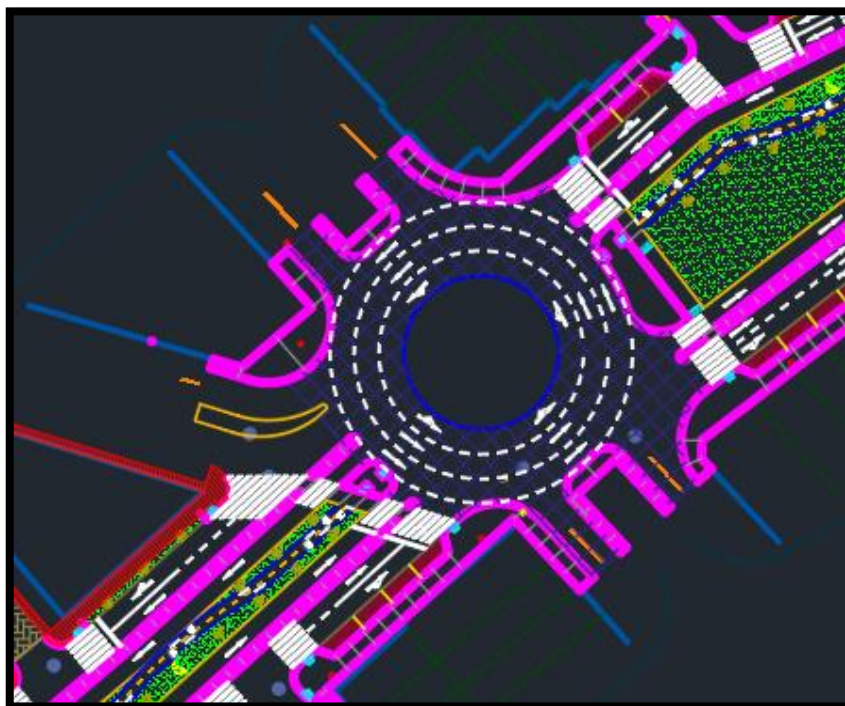
**Figura 5.9, Intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Principal (Intersección de 4 Ramas).**



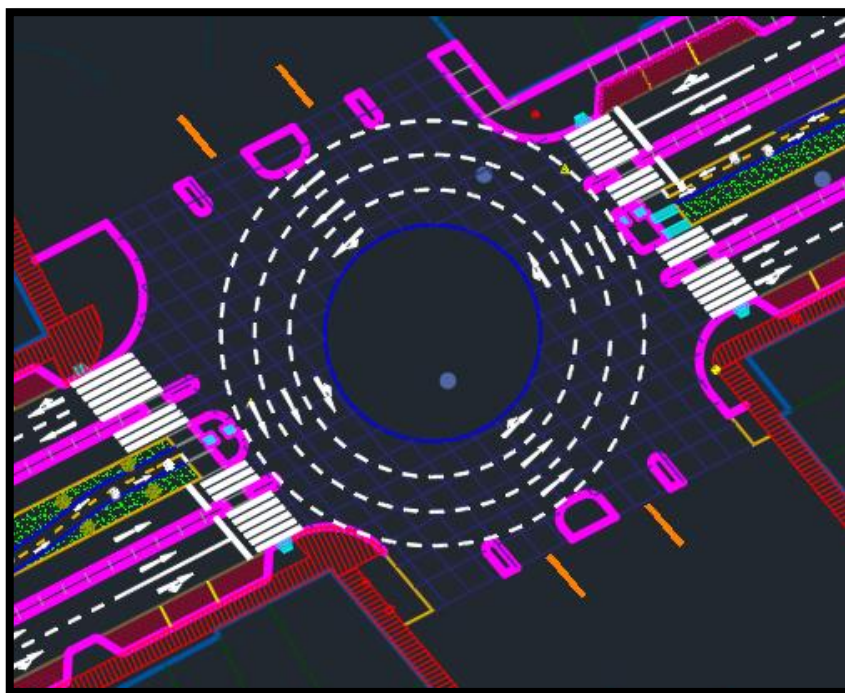
**Figura 5.10, Intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Las Ponceanas (Intersección de 3 Ramas).**



### 5.1.6 Óvalos



**Figura 5.11, Ovalo en la intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Los Algarrobos.**



**Figura 5.12, Ovalo en la intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Separadora.**

## 5.2. Propuesta Técnica para el Diseño Estructural del Pavimento de la Av. Las Amapolas

### 5.2.1 Determinación de las Variables de Diseño

#### Período de Diseño

**Cuadro 5.5, Selección de los Periodos de Diseño.**

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Para efectos del presente diseño se considerará un **periodo de diseño de 20 años**.

#### Análisis del Tráfico

Se ha seleccionado el valor de 80% como  $F_c$  (Factor de distribución de carril) por tener 3 carriles en cada dirección.

**Cuadro 5.6, Selección del Factor de Distribución por Carril.**

No. carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño ( $F_c$ )
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Se ha considerado una distribución del 50% del tránsito para cada dirección.

Del estudio de tráfico realizado se determinó que la estación E-02 (intersección de la Av. Amapolas con Av. Algarrobos) presenta el aforo de vehículos más desfavorable, el cual se emplea a continuación para el cálculo total de Ejes Simples Equivalentes (ESAL's). Dando este como resultado **3.18 millones de ejes equivalentes**.

PROYECTO: "PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEIS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA"

Pt= 2.25 Índice de serviciabilidad (bondad de servicio)  
 SN= 4 Número estructural (calidad de la capa)  
 L<sub>x</sub>= Carga en Kips sobre un eje Simple, Tandem y tridem  
 L<sub>z</sub>= 1, 2, 3 (Codigo de eje)  
 LEF = FACTOR DE EJE DE CARGA EQUIVALENTE

(Es el número de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga estándar, que usualmente es de 18 Kips=18000lb Calculado mediante las siguientes expresiones)

$$\log_{10} \left( \frac{W_{ts}}{W_{t18}} \right) = 4.79 \times \log_{10}(18 + 1) - 4.79 \times \log_{10}(L_x + L_z) + 4.33 \times \log_{10} L_z + \frac{G_t}{B_x} + \frac{G_t}{B_{18}}$$

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{ts}}$$








$$B_x = 0.4 + \frac{0.081 \times (L_x + L_z)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \times (L_z)^{3.23}}$$

$$G_t = \log_{10} \left( \frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5} \right)$$

$$B_{18} = 0.658$$

$$G_t = -0.141$$

Para L<sub>x</sub>=18 y L<sub>z</sub>=1

MEDIO DE TRANSPORTE	IMD	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			PESO TOTAL (Kips)	Lx POR EJES (Kips)	L <sub>z</sub>	B <sub>x</sub>	LEF <sub>s</sub> (POR EJE)	LEF <sub>s</sub>	LEF <sub>s</sub> *IMDA	
			EJE	%	L <sub>x</sub>								
VEHICULOS LIVIANO													
AUTOMOVILES		3674	3.00	Del.	50.0%	1.50	6.608	3.304	1	0.402	0.0011159	0.002232	8.199345
				Post. 01	50.0%	1.50		3.304	1	0.402	0.0011159		
CAMIONETA PICK UP		261	5.00	Del.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	0.408	0.0079850	0.015970	4.168177
				Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	0.408	0.0079850		
COMBI		60	7.00	Del.	50.0%	3.50	15.419	7.709	1	0.420	0.0315149	0.063030	3.781794
				Post. 01	50.0%	3.50		7.709	1	0.420	0.0315149		
CUSTER		16	18.00	Del.	38.9%	7.00	39.648	15.419	1	0.559	0.5423109	3.788742	60.619874
				Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	1.036	3.2464312		
AUTOBUS		8	23.00	Del.	30.4%	7.00	50.661	15.419	1	0.559	0.5423109	1.810082	14.480658
				Post. 01	69.6%	16.00		35.242	2	0.639	1.2677713		
VEHICULOS DE CARGA													
CAMIONES		171	18.00	Del.	38.9%	7.00	39.648	15.419	1	0.559	0.5423109	3.788742	647.874902
				Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	1.036	3.2464312		
ARTICULADOS		20	29.00	Del.	24.1%	7.00	63.877	15.419	1	0.559	0.5423109	7.035173	140.703467
				Post. 01	37.9%	11.00		24.229	1	1.036	3.2464312		
				Post. 02	37.9%	11.00		24.229	1	1.036	3.2464312		
INDICE MEDIO DIARIO		4210										TOTAL	879.828216

r= 2.18% Tasa de crecimiento anual en decimales  
 P= 20 Periodo de diseño en años  
 FC= 24.73767001 Factor de de crecimiento  
 F<sub>d</sub>= 0.5 Factor direccional  
 F<sub>c</sub>= 0.8 Factor de distribución por Carril

$$FC = \frac{(1 + r)^P - 1}{r}$$

$$ESAL'_s = \left( \sum_{i=1}^m p_i \times F_i \times P \right) \times (TPD) \times (FC) \times F_d \times F_c \times 365$$

$$ESAL'_s = 3.18 \times 10^5$$

Figura 5.13, Calculo de ESAL's.



### Nivel de Confianza y Desviación Estándar

La Av. Amapolas está clasificada como una vía colectora según el Plan de Desarrollo Urbano de Piura. Entonces del siguiente cuadro seleccionaremos **el valor de 80%** para el Nivel de Confianza R.

**Cuadro 5.7, Selección de los Valores del Nivel de Confianza R.**

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Para un Nivel de Confianza R igual a 80% obtenemos una desviación estándar de  $Z_R = -0.841$ .

**Cuadro 5.8, Selección del Factor de Desviación Normal.**

Confiabilidad	$Z_R$	Confiabilidad	$Z_R$
50	0	92	-1,405
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327

### Coefficiente de Drenaje

El pavimento, estará sometido por lo menos 04 meses al año a condiciones próximas a la saturación, esto es alrededor del 33% para condiciones de drenaje regular a buenas tenemos que oscilan los factores de ajuste ( $m_i$ ) entre 0.80 a 1.00.

**Cuadro 5.9, Selección de los Valores  $m_i$ .**

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

El diseño prevé un sistema de drenaje pluvial urbano superficial que garantizara una adecuada evacuación superficial de las aguas de lluvia, con lo cual se reduce la posibilidad de saturación de la base producto del agua que se infiltra. Sin embargo, aun con las debidas previsiones de drenaje superficial, debido a la calidad del suelo encontrado se ha creído conveniente considerar una condición conservadora, para lo cual se asume un valor de coeficiente de drenaje para la base y subbase (**m<sub>i</sub>**) **igual a 0.90.**

Para el presente proyecto consideramos **m<sub>2</sub> = m<sub>3</sub> = 0.90.**

## 5.2.2 Determinación de los Criterios de Comportamiento

### Serviciabilidad

Se ha considerado:

- $p_i$  = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles y semiflexibles).
- $P_t$  = Índice de servicio terminal (final), para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Para el diseño se empleará una serviciabilidad inicial de 4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles y semiflexibles y una serviciabilidad final de 2.5.

**Cuadro 5.10, Selección del Índice de Serviabilidad Final.**

<b>Pt</b>	<b>Clasificación</b>
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

### 5.2.3 Diseño Estructural del Pavimento de la Calzada (Método AASHTO – 93)

#### DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

METODO AASHTO 1993

**PROYECTO :** "PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEIS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA"

#### 1. REQUISITOS DEL DISEÑO

a) Período de diseño en años (t):	20
b) Número de Ejes Equivalentes:	3.18E+06
c) Índice de servicialidad inicial (pi):	4.2
d) Índice de servicialidad final (pf):	2.5
e) Índice de confianza (R%):	80%
f) Desviación estándar normal (ZR):	-0.842
g) Error de combinación estándar (So):	0.45

#### 2. PROPIEDADES DE MATERIALES

a) Módulo de Resiliencia de la Base Granular (Mr):	30,000.00	psi
b) Módulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr):	15,000.00	psi
c) C.B.R. de la Sub Rasante (%):	13.20%	
d) Módulo de Resiliencia (MR = CBR ^ 0.65 x 2.555):	13.67	ksi

#### 3. CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (Variar SN Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

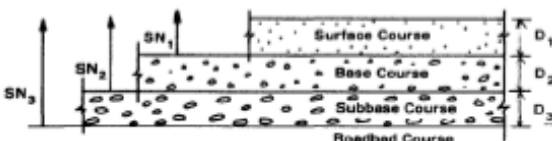
SN Requerido	G <sub>s</sub>	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
3.10	-0.20091	6.50	6.50

#### 4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

<b>a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA</b>	
Concreto Asfáltico Convencional (a1):	0.44
Base Granular (a2 = 0.249*logMr - 0.977):	0.14
Sub-Base (a3 = 0.227*logMr - 0.839):	0.11
<b>b COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA</b>	
Base granular (m2)	0.90
Subbase (m3)	0.90

#### 5. CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO: (AASHTO: II-35)

El Número Estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresión:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$


ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	3.10	3.10	7.5	20	20
2	3.10	3.14	5.5	25	25

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO

Método AASHTO 1993

**PROYECTO :** "PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VENTISEIS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA"

### 1. REQUISITOS DEL DISEÑO

a) PERIODO DE DISEÑO (Años)	20
b) NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.18E+06
c) SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.5
d) SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2.5
e) FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
f) STANDARD NORMAL DEViate (Zr)	-0.842
g) OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45

### 2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

a) RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f_c$ (kg/cm2)	210
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f_c$ (psi)	2,980.64
b) MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO $E_c$ (psi)	3,111,928.14
c) MODULO DE ROTURA $S'_c$ (psi)	623.87
d) MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE- K (pci)	220.00
e) TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	3.2
f) COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.0

### 3. CALCULO DEL ESPESOR DE LOSA (Variar D Requerido hasta que N18 Nominal = N18 Calculo)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D + 1)^{0.46}}} + (4.22 - 0.32 \times p_t) \times \log_{10} \left[ \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

D (pulg)	G <sub>f</sub>	N18 NOMINAL	N18 CALCULO
7.950	-0.17609	6.50	6.50

### 4. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO

A) ESPESOR DE LOSA REQUERIDO (Df), pulgadas	8.00	pulg.
B) ESPESOR DE LOSA REQUERIDO (Df), centímetros	20.00	cm
C) ESPESOR DE SUB BASE (SB), pulgadas	8.00	pulg.
D) ESPESOR DE SUB BASE (SB), centímetros	20.00	cm

#### Comentarios:

- \* Las losas serán moduladas de 3.60m x 3.60 a 4.50m
- \* Las juntas longitudinales y transversales serán de 3mm
- \* Llevará barras de transferencia de carga

## DISEÑO DEL PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE CON ADOQUIN

METODO AASHTO 1993

"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

**PROYECTO :** FLEXIBLE, PAVIMENTO SEMIFLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA LAS AMAPOLAS, EN LOS DISTRITOS DE VEINTISEÍS DE OCTUBRE Y PIURA, PROVINCIA DE PIURA, REGIÓN PIURA"

### 1. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE:

a) Periodo de diseño en años ( t ):	20
b) Tasa de crecimiento anual (g%):	2.18%
c) Trafico ( $W_{18} = 10^5 \times [ \{ (1 + g)^t - 1 \} / g ]$ )	3.18E+06
d) Índice de confianza ( R% ):	80%
e) Desviación estándar normal ( Z <sub>R</sub> ):	-0.842
f) Error de combinación estándar ( S <sub>o</sub> ):	0.45
g) Índice de serviciabilidad inicial ( p <sub>i</sub> ):	4.20
h) Índice de serviciabilidad final ( p <sub>t</sub> ):	2.50
i) Diferencia de serviciabilidad (ΔPSI = p <sub>i</sub> - p <sub>t</sub> ):	1.70
j) C.B.R. de la Sub Rasante (%):	13.20
k) Modulo de Resiliencia (MR = CBR ^ 0.65 x 2555):	13,669.86 psi

#### 1.1 CARACTERISTICAS DE MATERIALES:

a) Modulo de Resiliencia del Adoquin ( Mr ):	400,000.00 psi
b) Modulo de Resiliencia del Concreto Asfáltico ( Mr ):	450,000.00 psi
c) Modulo de Resiliencia de la Base Granular ( Mr ):	30,000.00 psi
d) Modulo de Resiliencia de la Sub Base Granular (Mr ):	15,000.00 psi

#### 1.2 DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO:

##### A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Concreto Asfáltico Convencional (a1):	0.44
Base Granular (a2 = 0.249*logMr - 0.977):	0.14
Sub-Base (a3 = 0.227*logMr - 0.839):	0.11

##### B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base granular (m2):	0.90
Subbase granular (m3):	0.90

### 2. NUMERO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO (SN) :

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

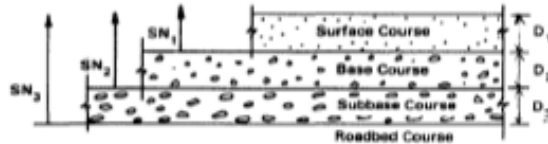
Reemplazando valores en la fórmula, para el calculo de SN teórico:

Para:	SN	=	3.0990	(iterar)
	6.502	=	6.502	
	SN	=	3.099	

### 3. CALCULO DE ESPESORES DE CAPAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO:

El Número Estructural se calculará con la ecuación de diseño presentada por la AASHTO-93 se interrelacionan con los espesores de capa y drenaje según la expresión:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



Reemplazando valores en:

D1: Espesor de adoquín = 8 cm  
 Espesor de arena = 4 cm

12 cm = 4.72 pulg.

D2: Espesor de la base = 25 cm = 9.843 pulg. (material granular)

D3: Espesor de sub-base = X pulg. (material granular)

$$3.099 = 0.44 \times 4.72 + 0.14 \times 9.843 \times 0.90 + 0.11 \times D3 \times 0.90$$

$$3.099 = 2.079 + 1.24 + 0.11 D3$$

$$D3 = -2.02 \text{ pulg.} = -5.13 \text{ cm}$$

#### ESTRUCTURA PROPUESTA:

Adoquín = 8 cm

Cama de arena = 4 cm

Base Granular = 25 cm

Espesor del pavimento = 37 cm

#### SECCION A USAR

Adoquín = 8 cm

Cama de arena = 4 cm

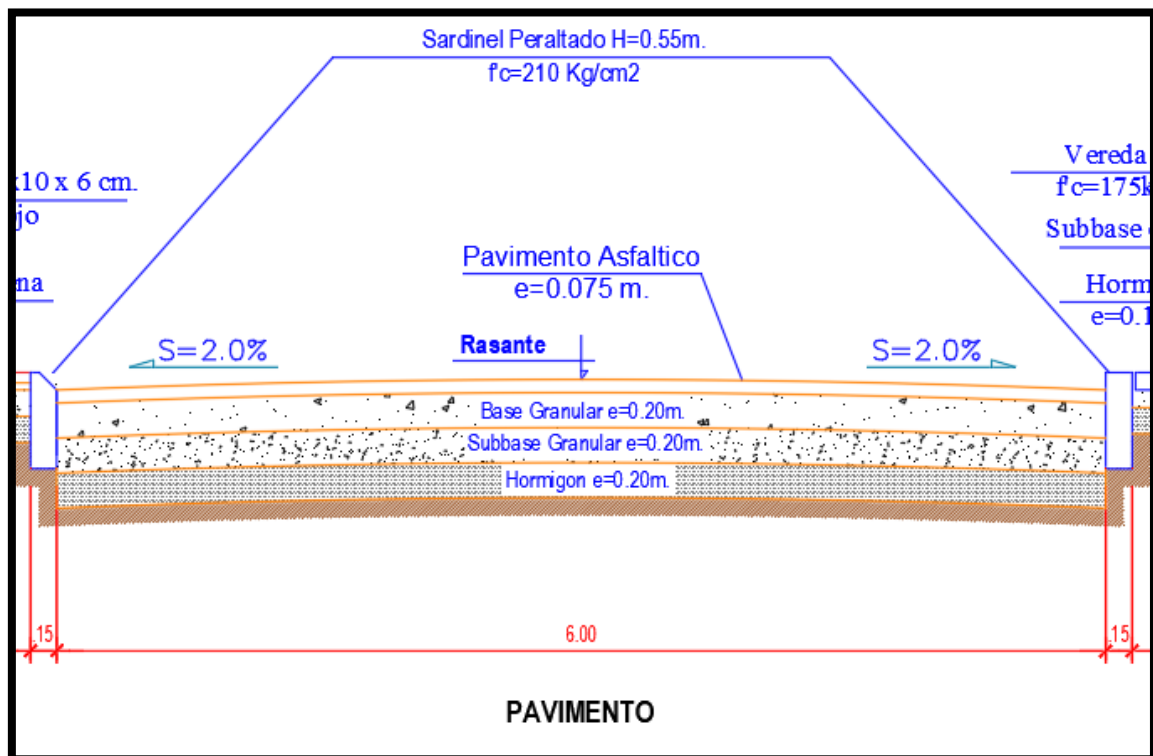
Base Granular = 25 cm

### 5.2.4 Propuesta Técnica Vial Final para el Diseño Estructural del Pavimento de la Av. Las Amapolas

Para la Propuesta Técnica Vial Final se realizó un análisis de funcionalidad y optimización de materiales, para poder proponer un diseño que económico y adecuado.

#### Pavimento Flexible

Se empleará el pavimento flexible a lo largo de la Av. Amapolas, en la calzada de carriles dobles de 3 metros de ancho.



**Figura 5.14, Sección Transversal del Pavimento Flexible.**

Las capas del paquete estructural serán:

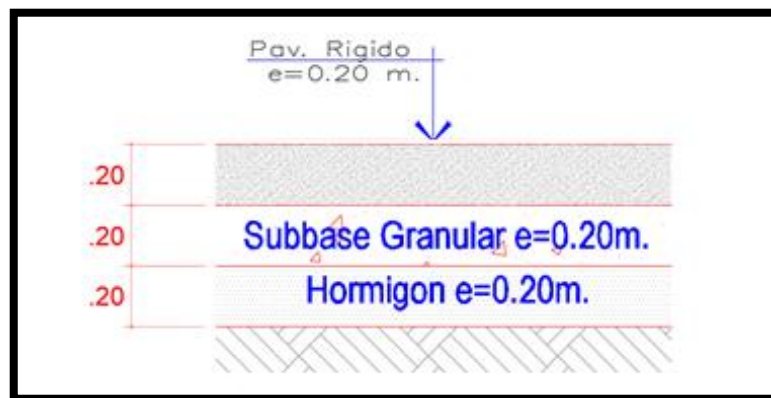
- Carpeta Asfáltica: 0.075m.
- Base Granular: 0.20m.
- Subbase Granular: 0.20m.
- Capa de Hormigón: 0.20m.

### **Pavimento Rígido**

Se empleará el pavimento rígido en las intersecciones en donde precisamente se produce la intersección de las pendientes, este tipo de pavimento funcionará como badenes, para intervenir en el flujo pluvial de aguas.

Las capas del paquete estructural serán:

- Losa de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ : 0.20m.
- Subbase Granular: 0.20m.
- Capa de Hormigón: 0.20m.



**Figura 5.15, Sección Transversal del Pavimento Rígido.**

### **Pavimento Semiflexible**

Se empleará el pavimento semiflexible a lo largo de la Av. Amapolas, en la calzada de 3.50 metros de ancho.

Las capas del paquete estructural serán:

- Adoquín de Concreto: 0.08m.
- Cama de arena: 0.04m.
- Base Granular: 0.25m.
- Capa de Hormigón: 0.20m.



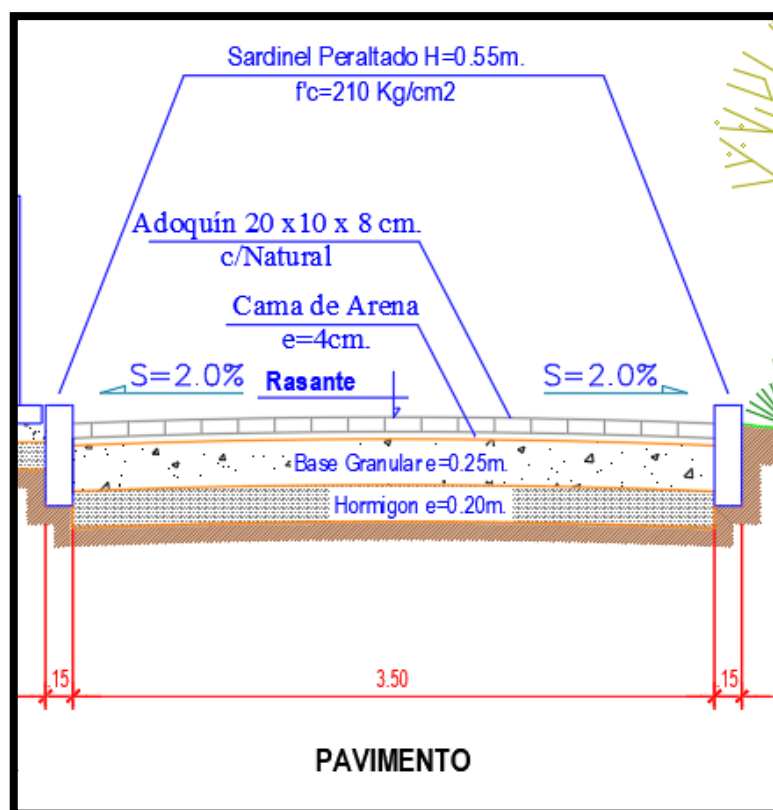


Figura 5.16, Sección Transversal Pavimento Semiflexible.

### Diseño Estructural de los Pavimentos Especiales

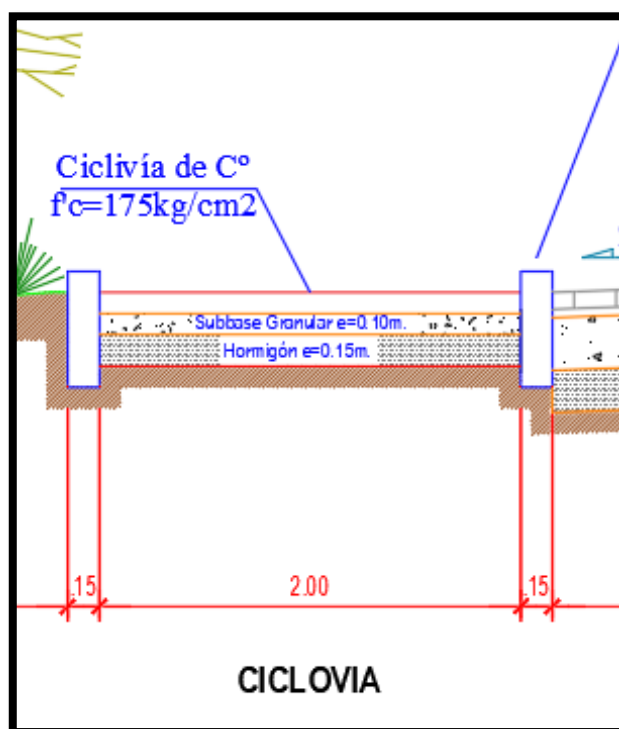
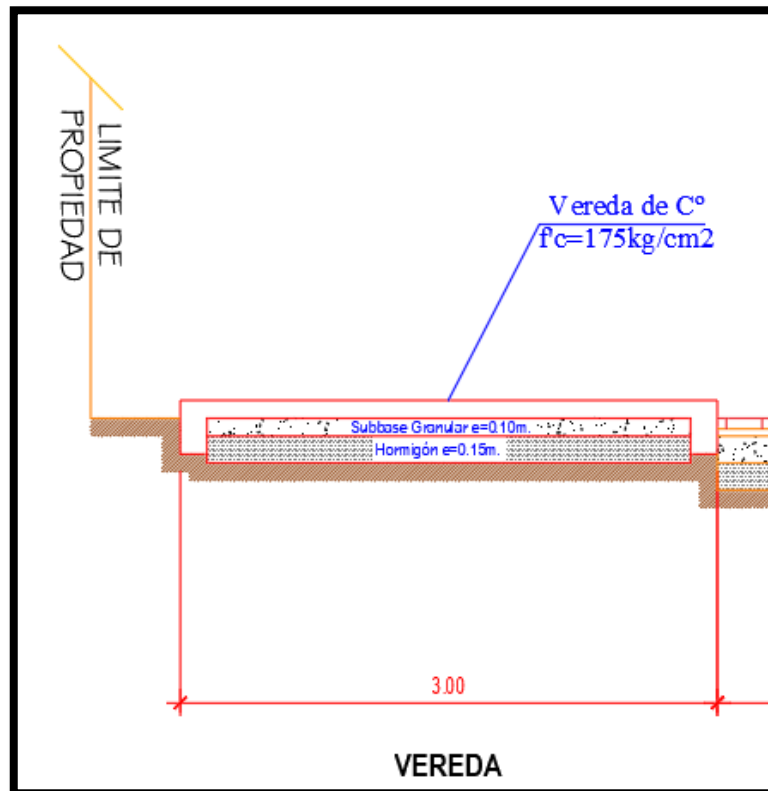


Figura 5.17, Sección Transversal de la Ciclovía.

- **Ciclovia y Veredas**

- El espesor de la capa de rodadura será de 0.10 m y el material a emplear para esta capa de rodadura será concreto  $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$ .
- Se debe colocar una subbase granular de 0.10 m de espesor, compactado al 95% de su densidad máxima (proctor estándar)
- Se debe colocar una capa de hormigón como capa anticontaminante de 0.15m, debidamente compactada.



**Figura 5.18, Sección Transversal de las Veredas.**

**Estacionamientos**

- El espesor de la capa de rodadura será de 0.10 m y el material a emplear para esta capa de rodadura será adoquines de concreto y una cama de arena.
- Se debe colocar una subbase granular de 0.15 m de espesor, compactado al 95% de su densidad máxima (proctor estándar).
- Se debe colocar una capa de hormigón como capa anticontaminante de 0.15m, debidamente compactada.

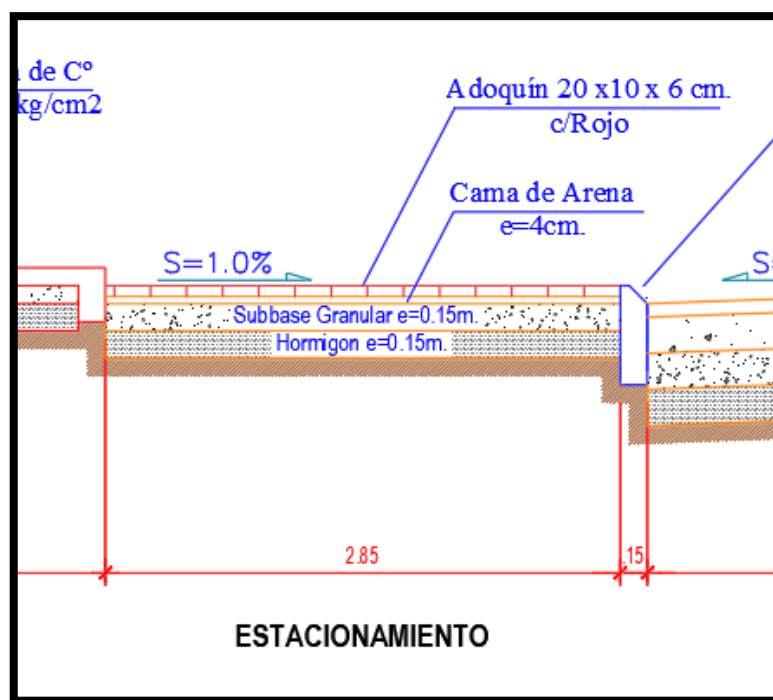


Figura 5.19, Sección Transversal de los Estacionamientos.

### 5.2.5 Consideraciones Especiales

- Los diseños de los espesores de los pavimentos flexible, articulado y semiflexibles fueron llevados a cabo tomando en cuenta el **Cuadro 5.11**.
- **Agresión Del Suelo Al Concreto.** Los suelos arenosos a la profundidad de pavimentos proyectada, presentan contenido de sales solubles totales de 0.031, 0.041, 0.051, 0.062%, 0.074%, 0.103, 0.194 y 0.263%, valores que nos indican de baja a mediana agresividad al concreto, en el terreno natural por lo que *se debe emplear cemento portland tipo “MS” para el diseño de concreto*, para una mejor vida útil de dicho concreto.
- En la zona de pavimento se recomienda cortar hasta el nivel de sub rasante, para *colocar una capa de material granular tipo hormigón en un espesor de 0.20m*, y luego colocar el paquete estructural diseñado, porque es un terreno que presenta características cohesivas.
- Los diseños de los pavimentos especiales fueron llevados a cabo en base al **Cuadro 5.12**.

**Cuadro 5.11, Requisitos Mínimos para los diferentes Tipos de Pavimentos.**

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado	
Base		CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	N.A.*	CBR ≥ 80% 100% compactación Proctor Modificado
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm		≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm	≥ 150 mm	≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	> 200 mm	NR**
Material	Vías locales	Concreto asfáltico ***	MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> ≥ 38 MPa (380 kg/cm <sup>2</sup> )
	Vías colectoras			
	Vías arteriales			
		Vías expresas		

Notas: \* N.A.: No aplicable; \*\* N.R.: No Recomendable; \*\*\* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

**Cuadro 5.12, Requisitos Mínimos para los Pavimentos Especiales.**

Elemento \ Tipo de Pavimento		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: $\geq 150$ mm		
Base		CBR $\geq 30$ %		CBR $\geq 60\%$
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	$\geq 30$ mm		
	Concreto de cemento Portland	$\geq 100$ mm		
	Adoquines	$\geq 40$ mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)		
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*		
	Concreto de cemento Portland	$f_c \geq 17,5$ MPa (175 kg/cm <sup>2</sup> )		
	Adoquines	$f_c \geq 32$ MPa (320 kg/cm <sup>2</sup> )		N.R. **

\* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

\*\* N.R.: No Recomendable.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- La propuesta técnica vial urbana, en el ámbito de diseño geométrico, comprende:
  - Veredas a cada lado de la calzada de 3.00m de ancho.
  - Estacionamiento a cada lado de la calzada de 3.00m de ancho.
  - 3 carriles por sentido. 2 carriles unidos y 1 individual, separados por una vereda de 0.60m de ancho.
  - Un área de jardín en el centro de la calzada de ancho variable.
  - Una ciclovía de 2.30m de ancho.
  
- La propuesta técnica vial urbana, en el ámbito de diseño estructural de pavimento, comprende:
  - Ciclovía:
    - El espesor de la capa de rodadura será de 0.10 m y el material a emplear para esta capa de rodadura será concreto  $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$ .
    - Se debe colocar una subbase granular de 0.10 m de espesor, compactado al 95% de su densidad máxima (proctor estándar)
    - Se debe colocar una capa de hormigón como capa anticontaminante de 0.15m, debidamente compactada.
  
  - Veredas:
    - El espesor de la capa de rodadura será de 0.10 m y el material a emplear para esta capa de rodadura será concreto  $f'_c = 175\text{kg/cm}^2$ .

- Se debe colocar una subbase granular de 0.10 m de espesor, compactado al 95% de su densidad máxima (proctor estándar)
  - Se debe colocar una capa de hormigón como capa anticontaminante de 0.15m, debidamente compactada.
- Estacionamiento:
  - El espesor de la capa de rodadura será de 0.10 m y el material a emplear para esta capa de rodadura será adoquines (0.06m) de concreto y una cama de arena (0.04m).
  - Se debe colocar una subbase granular de 0.15 m de espesor, compactado al 95% de su densidad máxima (proctor estándar).
  - Se debe colocar una capa de hormigón como capa anticontaminante de 0.15m, debidamente compactada.
- Pavimento Flexible (2 carriles unidos). Las capas del paquete estructural serán:
  - Carpeta Asfáltica: 0.075m.
  - Base Granular: 0.20m.
  - Subbase Granular: 0.20m.
  - Capa de Hormigón: 0.20m.
- Pavimento Rígido (Intersecciones). Las capas del paquete estructural serán:
  - Losa de Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ : 0.20m.
  - Subbase Granular: 0.20m.
  - Capa de Hormigón: 0.20m.
  - Dowels: 1" c/0.30m (0.35m).
- Pavimento Semiflexible (1 carril individual). Las capas del paquete estructural serán:
  - Adoquín de Concreto: 0.08m.
  - Cama de arena: 0.04m.

- Base Granular: 0.25m.
  - Capa de Hormigón: 0.20m.
- Con la realización de los estudios básicos (estudio topográfico, estudio geotécnico y estudio de tráfico) podemos concluir:
  - Estudio Topográfico:
    - El relieve de la zona en estudio presente una topografía plana con desniveles y en las excavaciones realizadas para la pavimentación en las calles, en la parte superior se presentan una capa de material fino como arena, plásticos, limos y otros entre los niveles de 0.20m, 0.85m y 1.00m.
  - Estudio de Mecánica de Suelos:
    - De acuerdo al **Cuadro 2.7, Número Mínimo de Puntos de Investigación. Extraído de la Norma CE. Pavimentos Urbanos** se realizaron 8 calicatas.
    - Los valores de CBR encontrados son: 7.2; 25.9; 20.7; 11.7 y 5.5. Si descartamos el mayor y el menor valor, promediando los valores nos da como resultado un CBR de diseño de 13.2.
    - El ensayo de sales solubles nos arroja resultados de contenido de sales solubles totales de 0.031, 0.041, 0.051, 0.062%, 0.074%, 0.103, 0.194 y 0.263%, valores que nos indican de baja a mediana agresividad al concreto, en el terreno natural por lo que *se debe emplear cemento portland tipo “MS” para el diseño de concreto*, para una mejor vida útil de dicho concreto.
    - La clasificación de suelos nos indica que el terreno presenta características cohesivas y en la zona de pavimento se recomendaría cortar hasta el nivel de sub rasante, para *colocar una capa de material granular tipo hormigón en un espesor de 0.20m*, y luego colocar el paquete estructural diseñado.



- Estudio de Tráfico:
  - La estación de conteo E-02 (Cruce de la Av. Amapolas con la Av. Algarrobos) presenta el tráfico más desfavorable.
  - La composición vehicular de la estación E-02 presenta el 28% de vehículos ligeros, 67% de vehículos menores y 5% de vehículos pesados.
  - La Av. Amapolas presenta 3.18 millones de ejes equivalentes (ESAL's) lo cual demuestra que esta vía está bien clasificada como una vía colectora.
- Se realizó el cálculo del diseño de pavimento mediante el Método AASHTO – 93. Se emplearon las siguientes variables de diseño:
  - Período de diseño: 20 años.
  - Análisis del tráfico:
    - Factor de distribución por carril: 80%.
    - Factor direccional: 50%.
    - ESAL's: 3.18 millones.
  - Nivel de confianza: 80%.
  - Factor de desviación normal: -0.841.
  - Coeficiente de drenaje: 0.90.
  - Índice de servicialidad inicial: 4.50 para pavimentos rígidos y 4.20 para flexibles y semiflexibles.
  - Servicialidad final: 2.50.

- Se realizó la evaluación y se justifica la alternativa de diseño geométrico para esta vía urbana, con los siguientes parámetros:
  - Clasificación de la vía: colectora.
  - Velocidad de diseño: 40 km/hora.
  - Número de carriles: 3 por sentido.
  - Ancho de carriles:
    - 3.00m de ancho (carril doble).
    - 3.50m de ancho (carril individual).
  - Bombeo: 2%.
  - Separadores o bermas centrales: veredas, jardines y ciclovía.
  - Sardineles: 0.15m de ancho.
  - Intersecciones:
    - Intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Principal (Intersección de 4 Ramas).
    - Intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Las Ponceanas (Intersección de 3 Ramas).
    - Ovalo en la intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Los Algarrobos. (Radio = 12.50m)
    - Ovalo en la intersección entre la Av. Las Amapolas y la Av. Separadora.

## **6.2. Recomendaciones**

- Se debe tener total seriedad en la realización de los estudios básico (topografía, estudio geotécnico y estudio de tráfico). O también considerar recomendaciones de la normativa nacional para lograr un óptimo desempeño del diseño.
- Se debe tener en consideración que el mejoramiento de la subrasante por medio de la compactación mejora el CBR de diseño y puede reducir el espesor de capas.
- Para seleccionar el tipo de pavimento a emplear se deberá tener en cuenta el costo y beneficio del mismo. Se deberá analizar y considerar los tipos de mantenimiento que se puede llevar a cabo; para al final elegir el más conveniente.

## **CAPÍTULO 7**

### **ANEXOS**

#### **7.1. Lista de Planos**

- Plano Topográfico:
  - T-01.
  
- Planta y Perfil Longitudinal.
  - PL-01.
  - PL-02.
  - PL-03.
  - PL-04.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Juárez Badillo, E. y Rico, A. (1969) Mecánica de Suelos, Tomo I Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Recuperado <https://es.slideshare.net/alejandrocarrillo19/mecanica-de-suelos-juarez-badillo-15294009>

Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (2005) – VCHI. Recuperado <https://es.slideshare.net/soyeralex/manual-de-diseo-geometrico-de-vias-urbanasvchi-0434029>

Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (2010). Recuperado [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma\\_010\\_%20pavimentos\\_urbanos.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf)

Guía AASTHO para Diseño de Estructuras de Pavimentos. Recuperado <https://es.scribd.com/doc/126459232/Guia-AASHTO-93-version-en-espanol>

Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras. Recuperado [http://www.academia.edu/7880272/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_Pavimentos\\_para\\_Carreteras\\_ALFONSO\\_MONTEJO\\_FONSECA](http://www.academia.edu/7880272/Ingenier%C3%ADa_de_Pavimentos_para_Carreteras_ALFONSO_MONTEJO_FONSECA)